ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA

ARGENTINA

DIRECTOR : Dr. ANDRES O. M. STOPPANI

ENERO-FEBRERO 1972 — ENTREGAS I-II — TOMO CXCIII

SUMARIO

Pág.

SERIE II. CIENCIAS, Nº 27

ANALES DE LA COMISION DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

1972



Impreso en Imprenta Coni S.A.C.I.F.I., Perú 684, Buenos Aires, República Argentina

ANALES
DE LA
SOCIEDAD CIENTIFICA
ARGENTINA

DIRECTOR: Dr. ANDRES O. M. STOPPANI

TOMO CXCIII

BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

1972

MIEMBROS PROTECTORES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

AGUA Y ENERGIA ELECTRICA

SERVICIOS ELECTRICOS DEL GRAN BUENOS AIRES

SHELL COMPAÑIA ARGENTINA DE PETROLEO S. A.

THE COCA COLA EXPORT CORPORATION S. A.

CRISANTENOMA A PARTIR DE VERBENONA [1]

IVª COMUNICACION

Por DAVID J. MEREP y JUAN A. RETAMAR [2]

RESUMEN

Se estudia la hidrogenación catalítica, la adición de cloruro de hidrógeno y la oxidación con bióxido de selenio sobre la crisantenona.

SUMMARY

The catalytic hidrogenation, the addition of hydrogen chloride and the oxidation with selenium dioxide over chrysanthenone have been studied.

La crisantenona, 3, fue obtenida de la manera habitual (4, 7, 8) mediante fotoisomerización de la verbenona, 2, en presencia de ciclohexano como solvente. Completando trabajos anteriores se estudiaron algunas transformaciones químicas.

La hidrogenación catalítica de la crisantenona, empleando carbón paladiado al 5 % y un solvente apropiado (ciclohexano, benceno, éter de petróleo, etc.), condujo, como era de esperar, a la crisantanona, 6 (dihidrocrisantenona).

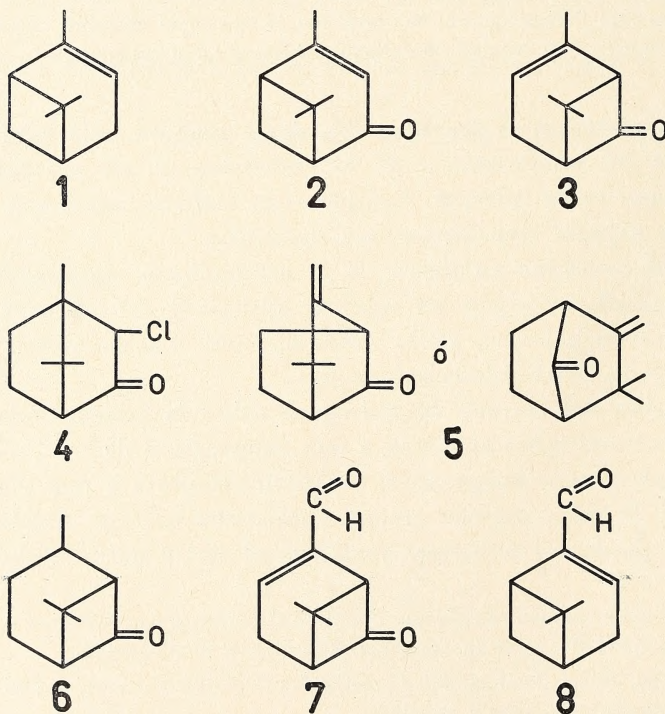
La acción del cloruro de hidrógeno sobre la crisantenona, operando en condiciones anhidras, a una temperatura de −18°, llevándola finalmente a temperatura ambiente, conduce a una pasta semisólida de color marrón oscuro, consistente en una mezcla compleja de productos resinosos, humeante al aire y muy higroscópica,

[1] Instituto de Química Orgánica, Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia, Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán.

[2] Miembro de la Carrera del Investigador Científico, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

habiendo obtenido una escasa proporción de un compuesto cristalino de color blanco nacarado que le asignamos la fórmula 4, correspondiente al o-cloroepialcanfor, que se descompone a la humedad ambiente, eliminando cloruro de hidrógeno y transformándose en un compuesto líquido. Esta deshidrohalogenación es competitiva con la reacción de adición, dando lugar a la formación de un cetoderivado del canfeno (fórmula 5).

Por otra parte se estudia la oxidación de la crisantenona con bióxido de solenio en presencia de etanol como solvente. A diferencia de la verbenona, hemos constatado que el grupo metilo adyacente a la doble ligadura es oxidado de un modo análogo como en la formación de mirtenal, 8, por oxidación seleniosa del α-pineno, 1 [9], originándose así el compuesto 7, que hemos llamado crisantenonal. Si examinamos las estructuras del α-pineno, 1, y de la crisantenona, 3, ambas poseen el mismo anillo ciclohexénico; el grupo carbonilo de la crisantenona por encontrarse en el anillo ciclobutánico, no ejerce influencia notable sobre la doble ligadura. Este hecho lo diferencia de la verbenona, 2, cuyo grupo carbonilo se



encuentra en el anillo ciclohexénico adyacente a la doble ligadura, impidiendo, consecuentemente, la oxidación seleniosa.

Si analizamos los espectros ultravioleta de las semicarbazonas de mirtenal, crisantanona (dihidrocrisantenona), crisantenona y crisantenonal, podemos sacar algunas conclusiones interesantes. El mirtenal, un aldehído α, β-insaturado, en forma de semicarbazona, ejerce un efecto batocrómico pronunciado ($\lambda_{máx}^{alcohol} = 270$ nm) que es característico para aldehídos y cetonas que poseen este tipo de estructura ([2, 3, 6]). En cambio la crisantanona (dihidrocrisantenona) es una cetona saturada, cuya semicarbazona posee una absorbitividad molar máxima a 226 nm, concordante en general con las cetonas saturadas. Las semicarbazonas de cetonas no saturadas, cuyo grupo $>C=N-$ no está conjugado a la doble ligadura, ejercen un pequeño efecto batocrómico y presentan su máxima absorbitividad molar alrededor de 228-232 nm. Sin embargo la crisantenona, aunque perteneciente a este grupo, su semicarbazona con $\lambda_{máx}^{alcohol} = 218$ nm, se aparta de estos valores, presentando más bien un efecto hipsocrómico, debido a que el grupo $>C=N-$ y la doble ligadura obrarían independientemente produciendo interacciones opuestas. Esta última consideración queda reforzada por el hecho de que el espectro ultravioleta de la semicarbazona de la dihidrocrisantenona posee su λ máx. a 226 nm, concordante con los valores normales. En lo que se refiere a crisantenonal, el grupo aldehído está conjugado con la doble ligadura y podemos establecer su comparación con mirtenal por un lado y con crisantenona por el otro; debido a ello, su semicarbazona presenta su máxima absorbitividad molar a 268 nm.

PARTE EXPERIMENTAL

Determinaciones físicas de la crisantenona y de la verbenona (ésta última obtenida por autooxidación del α-pineno, con CrO_3 como catalizador ([1, 5, 7]).

Crisantenona, 3:

Eb = 53-55°/3 mm Hg; $d_4^{20} = 0{,}9647$; $n_D^{20} = 1{,}4762$; $[\alpha]_D^{20} = +$ 33,46°

Espectro I.R.: ν (C = O) 1761 cm^{-1}; ν (C = C) 1656 cm^{-1}

Espectro U.V.: $\lambda_{máx}^{alcohol} = 210$ nm, $\epsilon = 2.550$; 293 nm, $\epsilon = 130$

Semicarbazona de la crisantenona: $\lambda_{máx}^{alcohol} = 218$ nm, $\varepsilon = 14.600$; P.F. 189-191°

Verbenona, 2:

Eb = 72-73°/4 mm Hg; d_4^{20} = 0,9857; n_D^{20} = 1,4920; $[\alpha]_D^{20}$ = + 117,45°

Espectro I.R.: ν (C = O) 1678 cm^{-1}; ν (C = C) 1618 cm^{-1}

Espectro U.V.: $\lambda_{máx}^{alcohol}$ = 251 nm, ε = 7.500

Semicarbazona de la verbenona: $\lambda_{máx}^{alcohol}$ = 275,5 nm, ε = 16.100

α-pineno, 1:

Eb = 51-52°/20 mm Hg; d_4^{20} = 0,8604; n_D^{20} = 1,4637; $[\alpha]_D^{20}$ = + 19,20°

Espectro U.V.: $\lambda_{máx}^{alcohol}$ = 214 nm, ε = 1.550

La correlación de bandas de absorción en el infrarrojo y en el ultravioleta nos dan cuenta de sus relaciones estructurales ([10]).

Crisantanona, 6 (Dihidrocrisantenona): En un dispositivo de vidrio con dos tubuladuras, se colocan 0,5 g de carbón paladiado (P*d*/C al 5 %) y 5 g de crisantenona disuelta en 100 cm^3 de ciclohexano. Se elimina el aire por pasaje de un gas inerte (nitrógeno o bióxido de carbono), conectando luego al gasómetro de hidrógeno. Después de haber purgado al dispositivo, se tapa la tubuladura de salida y se somete a una agitación enérgica en atmósfera de hidrógeno y a temperatura ambiente. La absorción de hidrógeno al comienzo es lenta, luego aumenta notándose un pequeño aumento de la temperatura, llegando finalmente a detenerse dicha absorción. En ese momento se interrumpe la agitación. Por igualación de niveles, antes y después de la hidrogenación, se obtiene el valor de hidrógeno absorbido, que resultó coincidente con el valor teórico en condiciones normales (0° y 760 mm Hg), o sean unos 750 cm^3 de hidrógeno. Se filtra para eliminar el catalizador, se lava con ciclohexano y se recupera el solvente a baño maría y a presión reducida (aproximadamente 400 mm Hg). Finalmente conviene destilar al vacío la dihidrocrisantenona obtenida.

E*b* = 60-62°/3 mm Hg; d_4^{20} = 0,9102; n_D^{20} = 1,4635; $[\alpha]_D^{20}$ = − 1,92°.

Espectro U. V. de la semicarbazona: $\lambda_{máx}^{alcohol}$ = 227 nm, ϵ = 12.400.

ACCION DEL CLORURO DE HIDROGENO SOBRE LA CRISANTENONA

a) En un tubo de ensayo angosto y largo colocamos 5 g de crisantenona, enfriamos a $-18°$ y hacemos burbujear suavemente cloruro de hidrógeno. Debemos superar con creces la cantidad teórica de 1,2 g de cloruro de hidrógeno, en virtud de que se pierde una gran cantidad por el tubo de salida. Este cloruro de hidrógeno fue obtenido haciendo gotear ácido clorhídrico concentrado sobre ácido sulfúrico concentrado. Luego dejamos que la masa reaccionante, semisólida y de color marrón oscuro, tome la temperatura ambiente. A continuación dividimos en dos porciones, colocando una en un plato poroso y guardándola en desecador que contiene gel de sílice anhidro y un vaso con hidróxido de potasio en lentejas. Se obtuvo un compuesto cristalino, blanco nacarado, inestable y al cual asignamos la fórmula 4, que por eliminación de cloruro de hidrógeno se transforma en el compuesto líquido 5. La otra porción de este ensayo se sometió a una destilación al vacío, obteniéndose un líquido ligeramente amarillento que destiló a 84-85°/3 mm Hg; $n_D^{20} = 1{,}5179$, con características idénticas al compuesto anterior 5.

b) En este ensayo se empleó 5 g de crisantenona y 30 cm^3 de éter anhidro, operando de un modo parecido como en la prueba anterior. Terminada la adición de cloruro de hidrógeno, se dejó unas horas en reposo a la temperatura ambiente. Después de eliminar el éter se destiló al vacío, obteniéndose también un líquido de color amarillento que estimamos correspondiente a un cetoderivado del canfeno, representado por la fórmula 5. E*b* = 91-92°/5 mm Hg; $n_D^{20} = 1{,}5185$; $[\alpha]_D^{20} = +1{,}33°$. El espectro ultravioleta de la semicarbazona presenta una absorbitividad máxima a 227 nm, concordante al de una cetona saturada.

OXIDACION DE LA CRISANTENONA CON BIOXIDO DE SELENIO Y ETANOL COMO SOLVENTE

En un balón, con refrigerante a reflujo, se calentó a baño maría 5 g de crisantenona disuelta en 15 cm^3 de etanol, dejando caer gota a gota una solución de 4 g de bióxido de selenio en 10 cm^3 de etanol. Después de haber calentado tres horas a reflujo, se destiló el alcohol y se sometió a una destilación por arrastre con vapor de agua; se extrajo por éter y se destiló al vacío, previo secado con sulfato de sodio anhidro. E*b* = 57-58°/3 mm Hg; $n_D^{20} = 1{,}5059$; $[\alpha]_D^{20} = +18{,}05°$.

Análisis elemental $C_{10}H_{12}O_2$: Calculado % C 73,16 H 7,31
Encontrado C 72,95 H 7,47

Espectro U. V. de la semicarbazona: $\lambda^{alcohol}_{máx}$ = 268,5 nm.

Existe concordancia con el compuesto 7, que hemos llamado "crisantenonal".

Los valores de la rotación óptica han sido determinados con un polarímetro electrónico de lectura automática Perkin-Elmer 141, empleando alcohol como solvente en los casos que fue necesario efectuar una dilución. La absorción ultravioleta ha sido efectuada con espectrofotómetro Beckman, D. U. y D. B., utilizando concentraciones de 1 a 5 mg de sustancia por cada 100 cm^3 de alcohol de 95°. Los espectros infrarrojos han sido medidos con un espectrofotómetro Perkin-Elmer 21. Las cromatografías de vapores han sido efectuadas con el aparato Perkin-Elmer 116, habiendo empleado dos tipos de columnas: Ftalato de diciclohexilo sobre celita, 20 % y Carbowax 20 M polietilenglicol sobre celita, 15 %; longitud 2 y 4 metros; diámetro: 1/4″; temperatura: 150° y 160°; gas: nitrógeno; caudal 30 cm^3/mn; inyección 10 y 5 μl.

AGRADECIMIENTOS

Ha sido muy valiosa y apreciada la colaboración del Ing. Quím. E. C. J. Talenti (cromatografía en fase vapor), Facultad de Ingeniería Química de Santa Fe; del Ing. Quím. R. Capeletti, Lic. A. Lenardón y E. Castelao (espectroscopía infrarroja y análisis elemental), Facultad de Ingeniería Química de Santa Fe; de la doctora H. S. de Legname (espectroscopía ultravioleta), Instituto de Biología de la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia de Tucumán; del Ing. L. R. Bliss (polarimetría), Laboratorio de Intercambio iónico del Instituto de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de Tucumán.

CONCLUSIONES

El presente trabajo conduce a la posibilidad de preparar otros derivados por caminos que no han sido investigados. Se encuentra en estudio la transformación del cetoderivado del canfeno, 5, en canfoquinona, una dicetona bicíclica. Por otra parte, el compuesto 7, crisantenonal, sería convertido en apocrisantenona mediante una descarbonilación catalítica.

BIBLIOGRAFIA

1. Badoche, M., Bull. Soc. Chim., *20*, 764 (1953).
2. Fester, G. A. y Retamar, J. A., Rev. Fac. Ing. Quím., Santa Fe, *23*, 43 (1954).
3. Fester, G. A., Retamar, J. A. y Ricciardi, A. I., Rev. Fac. Ing. Quím., Santa Fe, *26*, 77 (1957).
4. Hurst, J. J. y Whitham, G. H., Proc. Chem. Soc., 160 (1959); J. Chem. Soc., 2864 (1960); íd., 710 (1963).
5. Klein, E. y Schmidt, W., Dragoco Report, 123 (julio 1969).
6. Naves, Y. R., Retamar, J. A. y Ricciardi, A. I., Helv. Chim. Acta, 1579 (1965).
7. Retamar, J. A., Rev. Fac. Ing. Quím., Santa Fe, *29*, 50 (1960).
8. Retamar, J. A. y Medel, V. R., Rev. Fac. Ing. Quím., Santa Fe, *33*, 19 (1964-65).
9. Retamar, J. A., Bull. Soc. Chim., 1227 (1966).
10. Retamar, J. A. y Ricciardi, A. I., Rev. Fac. Ing. Quím., Santa Fe, *30*, 17 (1961).

SOLUCION MATRICIAL DE LA ECUACION QUASI-ARMONICA

ALBERTO HUGO PUPPO *

RESUMEN

Se describe un método matricial para resolver la ecuación diferencial quasi-armónica, que aparece en la formulación de diversos problemas de campo en la Física. La solución numérica de la ecuación diferencial se obtiene en forma indirecta, haciendo mínimo un funcional que tiene por ecuación de Lagrange, precisamente, la ecuación quasi-armónica. El proceso de hacer mínimo el funcional se hace mediante una división del dominio en subdominios triangulares y suponiendo que la función solución es lineal en cada subdominio. De esta manera, el funcional puede expresarse en base a los valores de la función solución en un número finito de puntos nodales de la red triangular que divide el dominio. Esta forma de resolución puede encuadrarse dentro del método variacional directo de Ritz. La notación matricial, usada a lo largo de todo este trabajo, permite una fácil manipulación de las ecuaciones y una cómoda programación en computadoras digitales.

ABSTRACT

A matrix method to solve the quasi-harmonic differential equation is described. This equation appears in the formulation of several field problems of the Physics. The numerical solution of the differential equation is obtained by following an indirect way, that is, minimizing a functional with the quasi-harmonic equation as the corresponding Lagrange's equation. The domain is divided into triangular subdomains to perfome the minimization, assuming a linear solution at each subdomain. Thus, the functional is expressed as a function of the nodal values, that is, the values of the solution at the nodes of the triangular net which divides the domain.

This method of numerical solution for the differential equation can be framed as a form of the classical Ritz's method. The matrix notation, which is used throughout this paper, permits an easy handling of the equations and the programing for the solution in digital computers.

* Departamento de Estabilidad, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.

1. INTRODUCCION

Diversas ramas de la Física presentan problemas que requieren la solución de la ecuación diferencial parcial quasi-armónica,

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(t_x \frac{\partial \varphi}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(t_y \frac{\partial \varphi}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(t_z \frac{\partial \varphi}{\partial z}\right) + k \varphi + p = 0, \qquad (1.1)$$

satisfaciendo ciertas condiciones de contorno. La función

$$\varphi = \varphi (x, y, z)$$

es llamada *función potencial.* En general, t_x, t_y, t_z, k, p son funciones conocidas de x, y, z.

Entre los problemas más comunes que tienen por ecuación diferencial la quasi-armónica (1.1), se encuentran:

a) Campos eléctricos y magnéticos.
b) Movimiento irrotacional de fluidos ideales.
c) Distribución de temperaturas en régimen estacionario.
d) Torsión y flexión de barras elásticas prismáticas.
e) Filtración de líquidos o gases a través de medios porosos.
f) Equilibrio de membranas.
g) El problema antiplano de la elasticidad lineal.
h) Problemas estacionarios de difusión en reactores atómicos.

La ecuación (1.1) es general, en el sentido de que es válida para medios no homogéneos y anisótropos. Si, en particular, el medio es isótropo, las funciones t_x, t_y, t_z son iguales y si, en adición, es homogéneo, dichas funciones se reducen a una constante. Si, además, p, k son nulas, la (1.1) se reduce a la ecuación de Laplace, o armónica,

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0 \qquad (2.1)$$

Análogamente, adoptando otras formas para las funciones t_x, t_y, t_z, k, p se obtienen, como casos particulares, las ecuaciones diferenciales de los problemas de la Física mencionados anteriormente.

Aún para el caso más simple de medios homogéneos e isótropos, la ecuación (1.1) puede resolverse en forma analítica solamente en casos muy especiales, en los que el contorno es expresable matemáticamente en forma sencilla (esfera, elipsoide, paralelepípedo) o el dominio es infinito o semi-infinito. Aún en estos casos, las funcio-

nes p, k deben ser singulares (cargas eléctricas puntuales, por ejemplo), constantes o funciones extremadamente simples. En la gran mayoría de los casos prácticos, no se dan estas condiciones, debiendo recurrirse a la solución numérica de la (1.1). De este tipo de solución nos ocuparemos en este trabajo.

La ecuación quasi-armónica puede resolverse numéricamente con el método de las diferencias finitas. Descripciones de este método y su aplicación a diversos problemas, pueden verse en las Referencias 1, 2 y 3. Cuando el contorno es irregular o el medio no es homogéneo, el método de las diferencias finitas se vuelve poco práctico. En efecto, debe recurrirse a interpolaciones, uso de operadores de diferencias no centrales, etc., con lo que el procesado automático del método se complica demasiado, a la vez que se deteriora la precisión de la solución numérica.

En este trabajo, se presenta un método numérico de distinto carácter, basado en la minimización de la integral definida del problema variacional equivalente a la ecuación diferencial (1.1) y sus condiciones de contorno. Este método no tiene las limitaciones señaladas al método de las diferencias finitas. Por el contrario, puede programarse en general, con prescindencia de la forma del contorno, y los medios no homogéneos pueden tratarse sin mayores complicaciones. Además, su presentación matricial lo hace especialmente apto para el procesado automático.

Una de las primeras referencias al método matricial, limitada a la ecuación de Laplace en dos dimensiones, puede verse en Ref. 4. Un tratamiento más general, aunque confinado a redes nodales rectangulares, se halla en Ref. 5. Problemas particulares tratados con el método matricial pueden verse en Ref. 6 y 7.

Con el fin de ahorrar espacio, en los artículos siguientes se trata la ecuación bidimensional

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(t_x \frac{\partial \varphi}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(t_y \frac{\partial \varphi}{\partial y}\right) + k\varphi + p = 0, \qquad (3.1)$$

con $\varphi = \varphi\,(x, y)$ y t_x, t_y, k, p funciones conocidas de x, y. La extensión del método a la ecuación tridimensional (1.1) es inmediata y se delinea en el Artículo 6.

2. *El problema variacional correspondiente a la ecuación quasi-armónica.* Sea el funcional de $\varphi = \varphi\ (x, y)$

$$I = \int_D \left\{ \frac{1}{2} t_x \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)^2 + t_y \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y}\right)^2 \right] - p\varphi + \frac{1}{2} k\, \varphi^2 \left\} \cdot dx\, dy + \right.$$

$$+ \int_C \left(- P\varphi + \frac{1}{2} K\, \varphi^2 \right) ds, \qquad (1.2)$$

donde D indica el dominio de φ en el plano x, y, C el contorno de dicho dominio y s una cordenada curvilínea a lo largo de C.

Se trata de establecer las condiciones que debe satisfacer φ para hacer estacionario (máximo o mínimo) al funcional I. Si φ es variada en $\delta\varphi$, la correspondiente variación de I es

$$\delta I = \int_D \left\{ t_x \frac{\partial \varphi}{\partial x} \delta \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right) + t_y \frac{\partial \varphi}{\partial y} \delta \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y}\right) - p\delta\varphi + k\varphi\delta\varphi \right\} \cdot dx\, dy +$$

$$+ \int_C (- P\,\delta\varphi + K\,\varphi\delta\varphi)\, ds.$$

Teniendo en cuenta igualdades del tipo

$$\int_D t_x \frac{\partial \varphi}{\partial x} \delta \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right) dx\, dy = \int_C t_x \frac{\partial \varphi}{\partial x} \delta\varphi \cos\,(n, x)\, ds -$$

$$- \int_D \frac{\partial}{\partial x} \left(t_x \frac{\partial \varphi}{\partial x}\right) \delta\varphi\, dx\, dy,$$

siendo n la normal exterior de C, la variación del funcional I puede escribirse

$$\delta I = - \int_D \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(t_x \frac{\partial \varphi}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(t_y \frac{\partial \varphi}{\partial y}\right) + k\,\varphi + p \right] \delta\varphi\, dx\, dy +$$

$$+ \int_C \left[t_x \frac{\partial \varphi}{\partial x} \cos\,(n, x) + t_y \frac{\partial \varphi}{\partial y} \cos\,(n, y) + K\,\varphi - P \right] \delta\varphi\, ds \qquad (2.2)$$

La condición necesaria y suficiente para que el funcional sea estacionario es $\delta I = 0$. Puesto que $\delta\varphi$ es arbitraria, la condición anterior se satisface si, y solamente si, son nulos los integrandos en la ecuación (2.2). Es decir, si se cumplen

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(t_x \frac{\partial \varphi}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(t_y \frac{\partial \varphi}{\partial y}\right) + k\varphi + p = 0 \qquad (3.2)$$

en el dominio D, y

$$\left[t_x \frac{\partial \varphi}{\partial x} \cos(n, x) + t_y \frac{\partial \varphi}{\partial y} \cos(n, y) + K\varphi - P \right] \delta \varphi_c = 0 \quad (4.2)$$

sobre el contorno C. La ecuación diferencial (3.2) es precisamente la quasi-armónica (2.1). Por lo tanto, la función φ que es solución de esta ecuación, hace estacionario (máximo o mínimo) al funcional I definido en (1.2). Las condiciones de contorno deben elegirse de modo tal que se satisfaga la ecuación (4.2). Si, por ejemplo, se da como condición de contorno el valor que toma φ sobre C, $\delta\varphi$ es cero, satisfaciéndose dicha ecuación. Si, por el contrario, el valor de φ en el contorno es desconocido, el corchete de la (4.2) debe ser nulo.

En resumen, el problema de resolver la ecuación diferencial quasi-armónica (3.2) y el de hacer estacionario el funcional (1.2), son equivalentes. Los métodos de resolución de ecuaciones diferenciales basados en esta equivalencia, son conocidos como *métodos variacionales directos*, y están asociados a los nombres de Rayleigh, Ritz y Galerkin. En particular, el método que se presentará en los artículos que siguen, puede interpretarse como una forma especial del método de Ritz. En éste, se adoptan funciones que abarcan todo el dominio D, mientras que en el método matricial dichas funciones se limitan a subdominios D′.

3. *Coordenadas triangulares.* Consideremos un subdominio D′ de forma triangular, con vértices *a, b, c,* como el mostrado en la Figura 1. Un punto genérico *g* perteneciente a D′ puede ubicarse dando las áreas de los triángulos *g b c, g c a, g a b,* que designamos F_a, F_b, F_c, respectivamente. Esta forma de ubicar *g* sugiere la introducción de las coordenadas adimensionales.

$$\alpha_1 = \frac{F_a}{F}, \quad \alpha_2 = \frac{F_b}{F}, \quad \alpha_3 = \frac{F_c}{F}, \qquad (1.3)$$

siendo F el área de D′, es decir, del triángulo *a b c.* Las coordenadas α_1, α_2, α_3, se denominan *coordenadas triangulares* y resultan sumamente convenientes, ya que simplifican la formulación del método matricial.

Puesto que $F = F_a + F_b + F_c$, de las ecuaciones (1.3) se deduce de inmediato

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1, \qquad (2.3)$$

es decir, que las coordenadas triangulares no son independientes entre sí. Dando dos cualesquiera de ellas, la restante es determinada por la condición (2.3).

La relación entre las coordenadas cartesianas y las coordenadas triangulares puede expresarse como

$$\begin{Bmatrix} 1 \\ x \\ y \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ x_a & x_b & x_c \\ y_a & y_b & y_c \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{Bmatrix},$$

o, brevemente,

$$\{ r \} = [A] \{ \alpha \} \qquad (3.3)$$

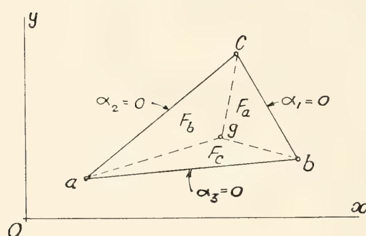


Figura 1

Las integrales de superficie, extendidas al subdominio D′, de una función cualquiera de las coordenadas triangulares, se expresa

$$\int_{D'} f_0 (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)\, d x\, d y = 2 F \int_0^1 \left[\int_0^{1-\alpha_1} f (\alpha_1, \alpha_2)\, d\alpha_2 \right] d\alpha_1 \qquad (4.3)$$

La función $f(\alpha_1, \alpha_2)$ se obtiene expresando en $f_0(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ la coordenada α_3 en función de α_2 en base a la ecuación (2.3).

En el artículo siguiente se presenta la integral

$$[J_1] = \int_{D'} \{ \alpha \}^T d x\, d y = \int_{D'} [\alpha_1 \; \alpha_2 \; \alpha_3]\, d x\, d y =$$
$$\left[\int_{D'} \alpha_1\, d x\, d y \quad \int_{D'} \alpha_2\, d x\, d y \quad \int_{D'} \alpha_3\, d x\, d y \right]$$

que, aplicando la fórmula (4.3), da

$$[J_1] = \int_{D'} \{ \alpha \}^T d x\, d y = \frac{F}{3} [1 \;\; 1 \;\; 1] \qquad (5.3)$$

Análogamente,

$$[J_2] = \int_{D'} \{\alpha\} \{\alpha\}^T \, dx \, dy = \frac{F}{12} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{bmatrix} \tag{6.3}$$

Veamos ahora el cálculo de integrales de línea sobre el lado *b c* del triángulo, que se supone coincide con el contorno C del dominio D. Llamaremos C′ la parte de C coincidente con *b c* y denominaremos *l* a su longitud. Sobre el lado *b c*, α_1, es cero y, en base a la ecuación (2.3), se tiene

$$\alpha_2 = 1 - \alpha_3 \tag{7.3}$$

Las integrales de línea extendidas a C′ de una función f_0 ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$) se expresan, en general,

$$\int_{C'} f_0 (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) \, ds = l \int_0^1 f (\alpha_3) \, d\alpha_3, \tag{8.3}$$

puesto que, como ya se dijo, α_1 es cero y α_2 se puede expresar en función de α_3 con la ecuación (7.3).

Calculemos

$$\int_{C'} \{\alpha\}^T \, ds = \int_{C'} [0 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3] \, ds = \left[0 \quad \int_{C'} (1 - \alpha_3) \, ds \quad \int_{C'} \alpha_3 \, ds \right]$$

Aplicando la ecuación (8.3) se obtiene de inmediato

$$[\bar{J}_1] = \int_{C'} \{\alpha\}^T \, ds = \frac{l}{2} [0 \quad 1 \quad 1] \tag{9.3}$$

Procediendo análogamente, también se halla

$$[\bar{J}_2] = \int_{C'} \{\alpha\} \{\alpha\}^T \, ds = \frac{l}{6} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix} \tag{10.3}$$

La forma extremadamente concisa de las expresiones (5.3), (6.3), (9.3) y (10.3) es la causa fundamental de la utilización de las coordenadas triangulares.

4. *Fundamentos del método matricial.* Sea el dominio D, limitado por el contorno C, de la Figura 2. Supongamos dividido dicho dominio en subdominios traingulares, tal como se muestra en la figura. Se supone que la función φ varía linealmente en cada uno de los subdominios. Por lo tanto, en el subdominio genérico D' se tiene

$$\varphi = a_1 + a_2 x + a_3 y \qquad (1.4)$$

o, en forma matricial

$$\varphi = \{ a \}^T \{ r \}$$

Reemplazando en esta ecuación la (3.3), resulta

$$\varphi = \{ a \}^T [A] \{ \alpha \} \qquad (2.4)$$

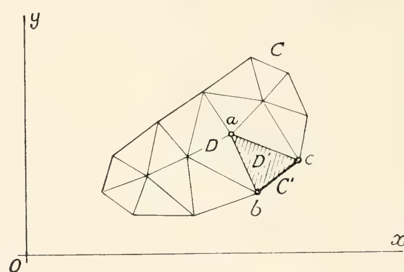


Figura 2

Sea $\{ \varphi \}$ el vector formado por los valores de φ en los vértices ***a***, ***b***, ***c*** del triángulo D'. En base a la ecuación (1.4), se halla

$$\{ \varphi \} = \begin{Bmatrix} \varphi_a \\ \varphi_b \\ \varphi_c \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_a & y_a \\ 1 & x_b & y_b \\ 1 & x_c & y_c \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{Bmatrix},$$

o, teniendo presente la notación introducida en (3.3),

$$\{ \varphi \} = [A]^T \{ a \}$$

De esta ecuación se deduce de inmediato

$$\{ a \} = ([A]^T)^{-1} \{ \varphi \} \qquad (3.4)$$

Sustituyendo esta ecuación en la (2.4), se obtiene

$$\varphi = \{ \varphi \}^T \{ \alpha \} = \{ \alpha \}^T \{ \varphi \} \qquad (4.4)$$

Obsérvese la extrema sencillez de esta expresión, gracias a la utilización de las coordenadas triangulares.

Calculemos ahora la parte del funcional (1.2) correspondiente

al subdominio D′, que tiene su lado $b\ c$ sobre el contorno. Teniendo presente la ecuación (1.4), el corchete de (1.2) se expresa

$$\int_{D'} \left[t_x \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)^2 + t_y \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y}\right)^2 \right] d\,x\,d\,y = \int_{D'} (t_x a_2^2 + t_y a_3^2)\,d\,x\,d\,y$$

Suponiendo que t_x, t_y son constantes en D′ y usando la ecuación (3.4), resulta

$$\int_{D'} \left[t_x \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)^2 + t_y \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y}\right)^2 \right] d\,x\,d\,y = \frac{F}{2} \{ \varphi \}^T [A]^{-1} [T] ([A]^{-1})^T \{ \varphi \}$$

con

$$[T] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & t_x & 0 \\ 0 & 0 & t_y \end{bmatrix}$$

Teniendo presente este resultado e introduciendo la ecuación (4.4), la parte del funcional (1.2) correspondiente a D′, se escribe

$$\begin{aligned} I_{D'} = & \frac{F}{2} \{ \varphi \}^T [A]^{-1} [T] ([A]^{-1})^T \{ \varphi \} - \\ & - p \int_{D'} \{ \alpha \}^T dx\,dy \,.\, \{ \varphi \} + \frac{k}{2} \{ \varphi \}^T \int_{D'} \{ \alpha \} \{ \alpha \}^T dx\,dy \,.\, \{ \varphi \} - \\ & - P \int_{C'} \{ \alpha \}^T ds \,.\, \{ \varphi \} + \frac{K}{2} \{ \varphi \}^T \int_{C'} \{ \alpha \} \{ \alpha \}^T ds \,.\, \{ \varphi \} \end{aligned}$$

Al escribir la ecuación anterior se supuso que p, k son constantes en D′ y P, K constantes en C′. Usando los resultados (5.3), (6.3), (9.3) y (10.3), se tiene

$$\begin{aligned} I_{D'} = & \frac{F}{2} \{ \varphi \}^T [A]^{-1} [T] ([A]^{-1})^T \{ \varphi \} - \\ & - p\,[J_1] \{ \varphi \} + \frac{k}{2} \{ \varphi \}^T [J_2] \{ \varphi \} - \\ & - P\,[\bar{J}_1] \{ \varphi \} + \frac{K}{2} \{ \varphi \}^T [\bar{J}_2] \{ \varphi \} \end{aligned}$$

O, concisamente,

$$I_{D'} = \frac{1}{2} \{ \varphi \}^T [M] \{ \varphi \} - \{ Q \}^T \{ \varphi \}, \qquad (5.4)$$

con

$$[M] = [A]^{-1} [T] ([A]^{-1})^T + \frac{k}{2} [J_2] + \frac{K}{2} [\bar{J}_2],$$

$$\{ Q \}^T = p\,[J_1] + P\,[\bar{J}_1]$$

El funcional I_D definido en (1.2), correspondiente al dominio total D y al contorno total C, puede calcularse sumando los funcionales del tipo $I_{D'}$ correspondiente a los subdominios D′ y partes C′ del contorno. En los subdominios que no tienen un lado sobre el contorno, $I_{D'}$ se reduce a la integral de superficie solamente, siendo nulas $[J_1]$ y $[J_2]$. Puesto que el funcional $I_{D'}$ tiene la forma (5.4), el funcional I_D puede escribirse

$$I_D = \frac{1}{2} \{\varphi^*\}^T [M^*] \{\varphi^*\} - \{Q^*\}^T \{\varphi^*\} \tag{6.4}$$

siendo $\{\varphi^*\}$ el vector columna formado por todos los valores nodales de φ en el dominio D. La matriz $[M^*]$ se obtiene combinando adecuadamente, tal como se explica en el artículo siguiente, las matrices $[M]$ de los subdominios. Análogamente, $\{Q^*\}^T$ se halla combinando las matrices de una fila $\{Q\}^T$.

Los valores nodales $\{\varphi^*\}$ determinan la función φ ya que con ellos y en base a la expresión (4.4), puede calcularse φ en cualquier punto del dominio D. Por lo tanto, los valores nodales $\{\varphi^*\}$ pueden considerarse como coordenadas generalizadas del funcional I_D en el sentido que lo determinan unívocamente, ya que hacen lo propio con φ. La condición necesaria para que I_D sea estacionario es la anulación de las derivadas con respecto a sus coordenadas generalizadas $\{\varphi^*\}$. Derivando, entonces, la expresión (6.4) respecto de cada una de las componentes de $\{\varphi^*\}$ e igualando a cero, se halla

$$\frac{\partial I_D}{\partial \{\varphi^*\}} = [M^*] \{\varphi^*\} - \{Q^*\} = 0$$

o,

$$[M^*] \{\varphi^*\} = \{Q^*\} \tag{7.4}$$

Esta ecuación matricial representa un sistema de ecuaciones lineales, cuyas incógnitas son los valores nodales de φ. agrupados en el vector columna $\{\varphi^*\}$. La solución de este sistema hace estacionario al funcional I_D y, en base a lo dicho en el Artículo 2, constituye la solución, en un sentido numérico, de la ecuación quasi-armónica (3.2) con las condiciones de contorno (4.2).

Es interesante destacar que la matriz $[M^*]$ es simétrica, al igual que las matrices $[M]$.

5. *Aplicación del método matricial.* Supongamos que se trata de resolver la ecuación quasi-armónica (2.1) en el dominio limitado por el contorno C de la Figura 3. Primeramente, el dominio debe dividirse en subdominios triangulares. Como regla general para efectuar esta subdivisión, puede decirse que los elementos triangulares deben ser más pequeños en zonas donde las funciones t_x, t_y, k, p, K, P experimentan cambios bruscos y en regiones donde el contorno presenta entrantes o salientes pronunciadas. En otras palabras, la red triangular debe densificarse en aquellas partes del dominio donde se presumen altos valores del gradiente de

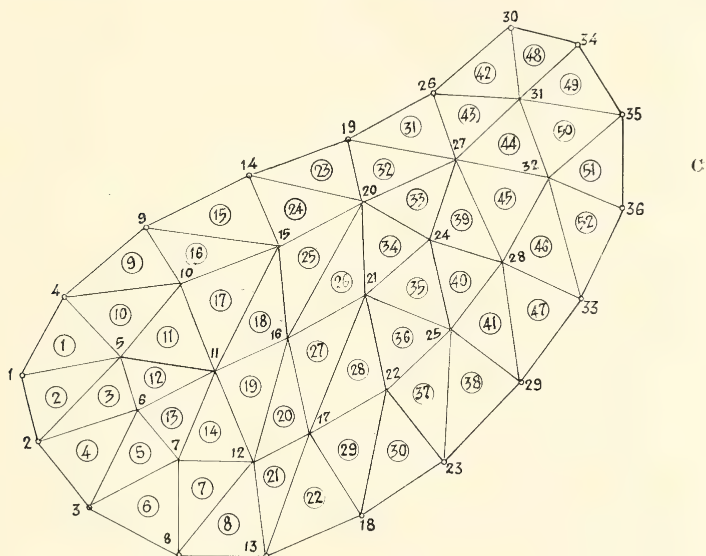


Figura 3

Es conveniente numerar separadamente los subdominios triangulares y los puntos nodales, tal como se indica en la figura. En este ejemplo, se tienen 52 subdominios y 36 puntos nodales. En consecuencia, el vector columna $\{z^*\}$ tiene 36 elementos.

Debe procederse al cálculo de las matrices [M] y los vectores $\{Q\}$ para cada uno de los subdominios triangulares, tomando como valores de t_x, t_y, k, p los correspondientes al baricentro de cada elemento y K, P, al punto medio de los lados sobre el contorno. Las matrices [M] tienen dimensión 3×3 y sus filas y columnas están ordenadas de acuerdo al orden genérico a, b, c en que se consideraron los vértices de los subdominios. Por ejemplo, en el subdominio 27, a, b, c pueden coincidir con los puntos nodales 17, 21, 16.

Un elemento m_{ij}^* de la matrix $[M^*]$ es la suma de todos los elementos con índices i, j que aparecen en las matrices $[M]$. Así, por ejemplo, el elemento $m^*_{16,16}$ es la suma de los elementos con índices 16,16 de los subdominios 18, 19, 20, 27, 26, 25, ya que dichos índices no aparecen en ningún otro subdominio. Análogamente el elemento $m^*_{16,21}$ es la suma de los elementos con índices 16,21 de los sudominios 26,27. En general, el cálculo de un elemento m_{ii}^* de la diagonal principal de $[M^*]$ requiere la consideración de los subdominios concurrentes al punto nodal i, mientras que un elemento m_{ij}^* es distinto de cero solamente si los puntos nodales i, j están unidos por un lado de la red triangular, en cuyo caso deben sumarse los elementos m_{ij} correspondientes a los subdominios que tienen en común dicho lado. Los elementos del vector columna $\{Q^*\}$ se forman sumando los elementos de igual índice de los vectores $\{Q\}$ correspondientes a cada subdominio. Por ejemplo, el elemento q_7^* es la suma de los elementos de igual índice en los subdominios 5, 6, 7, 14, 13.

En general, el valor de φ es dado, como condición de borde, en una parte del contorno. En la parte restante de éste, deben darse los valores de P. Es conveniente partir la ecuación matricial (7.4) en la forma siguiente:

$$\begin{bmatrix} [M_{11}^*] & [M_{12}^*] \\ [M_{12}^*]^T & [M_{22}^*] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{\varphi_1^*\} \\ \{\varphi_2^*\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{Q_1^*\} \\ \{Q_2^*\} \end{Bmatrix} \qquad (1.5)$$

El vector columna $\{\varphi_1^*\}$ está formado por los valores nodales de φ a determinar, mientras que $\{\varphi_2^*\}$ contiene los valores dados como condición de borde. Por el contrario, los elementos de $\{Q_1^*\}$ son dados y los de $\{Q_2^*\}$ a determinar. Si, por ejemplo, φ es dada en los puntos nodales 34, 35, 36 y desconocida en todos los otros, el vector $\{Q_1^*\}$ tendrá 33 elementos y $\{Q_2^*\}$ tres.

En este caso, también deben darse o, mejor dicho, poder calcularse a partir de las funciones dadas p, P, los 33 elementos de $\{Q_1^*\}$.

De la ecuación (1.5) se obtienen de inmediato

$$[M_{11}^*]\{\varphi_1^*\} = \{Q_1^*\} - [M_{12}^*]\{\varphi_2^*\},$$
$$\{Q_2^*\} = [M_{12}^*]^T\{\varphi_1^*\} + [M_{22}^*]\{\varphi_2^*\} \qquad (2.5)$$

La primera ecuación constituye un sistema de ecuaciones lineales apto para determinar $\{\varphi_1^*\}$. Una vez resuelto este sistema, reemplazando $\{\varphi_1^*\}$ en la segunda ecuación, se halla $\{Q_2^*\}$.

Debe observarse la conveniencia de numerar consecutivamente los puntos nodales donde φ es desconocido y luego aquellos en los cuales φ es dada, tal como se hizo en el ejemplo. Este orden en la numeración facilita la partición (1.5). Además, mediante una adecuada secuencia en la numeración de los puntos nodales (de arriba a abajo y de la izquierda a la derecha, por ejemplo) se consigue que la matriz $[M_{11}^*]$ sea banda, simplificando enormemente la solución del sistema de ecuaciones lineales.

Hemos supuesto en el ejemplo que todos los puntos nodales donde φ es dada están sobre el contorno. Este es el caso más común, aunque no general. Si se impusiera un valor determinado de φ en algunos puntos nodales interiores, éstos deberían incluirse en el vector $\{\varphi_2^*\}$.

Una vez determinados todos los valores nodales de φ, esta función pueden calcularse en cualquier punto del dominio con las expresiones del tipo (1.4) para cada subdominio. Las constantes a se calculan con (3.4). También pueden calcularse las derivadas primeras de φ, y con ellas, el gradiente, que es de interés en ciertos problemas. Debe notarse que las derivadas primeras, y por lo tanto el gradiente, son constantes en cada elemento, presentando discontinuidades sobre cada lado de la red triangular. Una forma de obtener una función continua para el gradiente, es asignar al baricentro de cada subdominio el valor correspondiente del gradiente y proceder por interpolación para otros puntos no baricéntricos.

6. *Consideraciones finales.* El método matricial, descripto en los artículos anteriores para dominios planos, puede extenderse de inmediato a dominios tridimensionales. Los subdominios serán en este caso tetraedros y la función φ en cada uno de ellos será lineal, es decir,

$$\varphi = a_1 + a_2 x + a_3 y + a_4 z$$

Será conveniente introducir coordenadas tetragonales, definidas en forma análoga a las triangulares, pero usando volúmenes en lugar de áreas. En la aplicación del método a dominios tridimensionales debe procederse en forma análoga a la descripta en el Artículo 5 para dominios planos.

El método matricial puede aplicarse a problemas dependientes del tiempo como, por ejemplo, el régimen transitorio de conducción del calor. También puede usarse para resolver problemas asociados

con un régimen permanente de vibraciones, tal como la determinación de las frequencias naturales de una membrana de forma arbitraria. Es propósito del autor ocuparse de estos problemas en un próximo trabajo.

REFERENCIAS

1. Southwell, R. V., *Relaxation Methods in Theoretical Physics,* Oxford University Press, 1946.
2. Allen, G., *Relaxation Methods in Engineering and Science,* Mc Graw-Hill Book Co., 1954.
3. Forsythe, G. E. y Wasow, W. R., *Finite-Difference Methods for Partial Differential Equations,* John Willey and Sons, 1967.
4. Mac Neal, R. H., *An asymmetrical finite difference network,* Quarterly of Applied Mathematics, Vol. 11, págs. 295-310, 1953.
5. Idem Ref. 3, págs. 182 a 185 y 195 a 199.
6. Zienkiewicz, O. C. y Cheung, Y. K., *Finite Elements in the solution of field problems,* The Engineer, págs. 507 a 510, Sept. 24, 1965.
7. Zienkiewicz, O. C., Mayer, P. y Cheung, Y. K., *Solution of anisotropic seepage problems by finite elements,* Proc. Amer. Soc. Civ. Engr., 92, EMI, págs. 111 a 120, 1966.

ESPECTRO DE MICROONDAS Y ESTRUCTURA MOLECULAR DEL ORTODIFLUOROBENCENO

Por ENRIQUE SAUER [1], J. F. WESTERKAMP [2], JORGE A. TRENCH y TOMAS HARTMANN

(Departamento de Física, F.C.E.N., U.B.A., Buenos Aires, Argentina)

RESUMEN

Se ha estudiado el espectro de microondas del orto-difluorobenceno habiéndose observado líneas de absorción en el dominio de frecuencias entre 21 y 26 GHz, muchas de las cuales han sido identificadas realizándose las asignaciones correspondientes a las transiciones rotacionales. Las constantes rotacionales resultan ser : A = 3262,9 ; B = 2227,4 y C = 1323,8, y el parámetro de asimetría es — 0,0679636. Los momentos de Inercia son : I_a = 154,93 ; I_b = 226,95 e I_c = 381,88. Una molécula plana con distancias interatómicas : d_{CC} = 1,397 ; d_{CH} = 1,06 ; d_{CF} = 1,322 y ángulos H-C-C = 120° y F-C-C = 119°19′ da cuenta de las magnitudes medidas, en concordancia con los resultados de Nygaard et al.

SUMMARY

The microwave spectrum of orto-difluorobenzene has been studied ; absorption lines have been observed in the range of frequencies between 21 and 26 GHz, and many of them have been identified and the assigments of the rotational transitions have been made. The rotational constants turn out to be : A = 3262,9 ; B = 2227,4 ; C = 1323,8 ; the asymmetry parameter is — 0,0679636. The inertia moments are : I_a = 154,93 ; I_b = 226,95 ; and I_c = 381,88. A planar molecule with interatomic distances : d_{CC} = 1,397, d_{CH} = 1,06 ; d_{CF} = 1,322 and angles : H-C-C = 120° and F-C-C = 119°19′ accounts for the measured quantities and are in agreement with Nygaard et al.'s results.

[1] Dirección actual : Physics Department, Brown University, Providence, Rhode Island, U.S.A.

[2] Dirección actual : Laboratorium voor Technische Natuurkunde, Technische Hogeschool, Delft, Nederland (Países Bajos).

I. INTRODUCCION

El estudio por microondas de los derivados monosustituídos del benceno ha sido encarado por varios autores ([1-5]) con la finalidad de obtener información sobre el efecto del sustituyente sobre el anillo bencénico. También se ha estudiado un derivado bisustituido, el metafluoroclorobenceno ([6, 7]) trabajo que sólo permite obtener las distancias C-Cl y C-F y deducir que la planaridad de la molécula no es afectada por los sustituyentes.

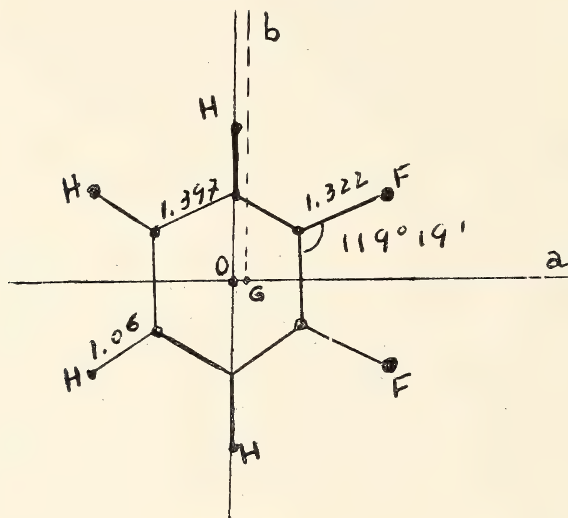


Fig. 1. — Orto-difluorobenceno

Con el objeto de obtener mayor información sobre el efecto del sustituyente sobre el anillo bencénico, se ha buscado un compuesto más simple, eligiéndose como sustituyente el Flúor en el compuesto bisustituido en posiciones *orto*. De esta manera, el espectro estará libre de líneas isotópicas al mismo tiempo que, por ser la molécula relativamente liviana, no es de esperar la aparición de muchas líneas satélites correspondientes a estados vibratorios excitados.

Para tener una idea del tipo de espectro que era dable esperar, se hizo un cálculo previo usando un modelo molecular ideal, suponiendo un anillo bencénico no distorsionado (hexagonal regular) con las siguientes dimensiones:

$$d_{C\text{-}C} = 1{,}397 \text{ Å} \qquad d_{C\text{-}H} = 1{,}084 \text{ Å} \qquad d_{C\text{-}F} = 1{,}329 \text{ Å}$$

con las que se obtienen los momentos principales de inercia:

$$I_a = 157{,}326 \qquad I_b = 231{,}23 \qquad I_c = 388{,}56$$

valores que conducen a un parámetro de asimetría negativo pero muy cercano a cero.

II. EXPERIMENTAL

El espectrógrafo de microondas utilizado es del tipo de modulación de Stark [3, 8]; la frecuencia de modulación utilizada es de 100 KHz, obtenida de un generador de onda cuadrada construido especialmente. La fuente de tensión de Klystron es de tipo FXR-715 B el klystron se barre en frecuencias mediante un generador diente de sierra o mediante una onda triangular. La detección se realiza a la frecuencia de modulación y se reduce el ruido al mínimo usando un detector de fase convencional.

Para estas mediciones, se usó un detector de fase construido con una válvula de ánodo partido (RCA 7360); la salida del detector, acoplada DC, es balanceada y es llevada a una unidad enchufable Tektronix tipo D, o si no, directamente a un registrador gráfico.

Las frecuencias de las líneas de absorción se han medido por el método habitual, es decir, mezclando la señal de klystron con las armónicas de un patrón de frecuencias tipo General Radio 1101 B de 100 KHz, las cuales se obtienen primeramente multiplicando la frecuencia hasta 1000 MHz, y luego llevando esta salida, conjuntamente con 100, 10 y 1 MHz a un cristal mezclador y generador de armónicas, y leyendo la frecuencia de batido del Klystron con la armónica que corresponde a la señal de absorción, la cual es captada por un receptor de comunicaciones que se sintoniza a dicha frecuencia de batido.

Para ajustar la frecuencia del patrón, se procedió de la siguiente manera: Los 100 KHz se dividieron por 10^4 usando una facilidad del contador H/P 527; la señal de 10 Hz resultante se comparó en un osciloscopio de doble haz con los pulsos de segundo emitidos por WWV. En estas condiciones, la corrección que debe hacerse a la frecuencia del oscilador viene dada por $\Delta f/f = \Delta T/T$ [9], donde ΔT es el corrimiento relativo de los pulsos en el tiempo de medición T. De esta manera, se logró ajustar el patrón con un error menor que 5 partes en 10^7, lo que es suficiente para asegurar que

no se han de producir errores sistemáticos, por efectos de un error en la frecuencia patrón.

Las mediciones se efectuaron superponiendo los marcadores de frecuencia sobre las líneas, en un osciloscopio. Para evitar los errores debidos a los tiempos de retardo distintos en los circuitos de amplificación de línea y marcadores, se barrió en frecuencia el klystron utilizando una onda triangular en lugar de la diente de sierra convencional. Con la onda triangular se efectúan mediciones ida y vuelta simultánamente, eliminando ciertos errores, ya que como

$$\nu_m = \nu_0 \pm (\tau_2 - \tau_1) \frac{\Delta f}{\Delta t} = \nu_0 \pm \Delta\tau \frac{\Delta f}{\Delta t}$$

donde ν_m es la frecuencia medida, ν_0 la frecuencia correcta, $\Delta\tau$ la diferencia de tiempos de retardo, y $\Delta f/\Delta t$ la velocidad de barrido, para que sea válido que

$$\nu_0 = \frac{\nu_m^+ + \nu_m^-}{2}$$

es necesario que $\Delta f/\Delta t$ sea igual para la ida y la vuelta. Pero como Δf no sólo depende de la amplitud de la señal de barrido sino también de la posición del modo, la única forma simple de garantizar la igualdad de $\Delta f/\Delta t$ es efectuar las mediciones simultáneamente.

Dado que algunas de las líneas a medir eran bastante débiles, fue necesario aumentar la constante de tiempo del detector sensible a fase y, por ende, disminuir la velocidad de barrido, para lo cual se requirió poner en paralelo con el capacitor de desacople del reflector del generador de barrido (incluido dentro de la fuente del klystron, FXR 715B), un capacitor externo de 4 μF aislado a 4400 v.

Una vez tomadas todas las precauciones anteriores, la única limitación en la precisión de las mediciones está dada por el ancho de las líneas, que impide determinar el máximo con certeza. Para reducir al mínimo el ancho de línea, se refrigeró la celda de absorción colocando trozos de hielo seco en lugares estratégicos. Esto provocó un efecto adicional, a saber: aumentar la intensidad de algunas líneas y disminuir las de otras, lo que facilita la asignación, ya que se puede suponer entonces que las últimas deben ser satélites, o bien, líneas Q de alto J.

III. DATOS

La región comprendida entre 21,5 y 26 GHz fue exhaustivamente explorada en distintas condiciones de presión, temperatura, potencia de microondas y campo Stark, encontrándose gran cantidad de líneas. Felizmente, algunas líneas aisladas pudieron ser identificadas rápidamente, lo que permitió efectuar un primer ajuste de las constantes rotacionales, y de esta forma, encontrar más coincidencias.

Dado que las líneas de la rama R (Tabla I) son poco sensibles a la variación de K, se prefirió calcular éste a partir de las líneas Q que figuran en la Tabla 2. Para ello, se hizo un "Q plot" teórico, es decir, se encontraron para cada línea ecuaciones del tipo $aK + b = c$, donde

$$a = \frac{c_2 - c_1}{K_1 - K_2} \qquad b = \frac{c_2 K_1 - c_1 K_2}{K_1 - K_2} \qquad c_i = \left(\frac{A - C}{2}\right)_i = \frac{\nu}{\Delta E(K_i)}$$

La intersección de las cuatro rectas se obtuvo por cuadrados mínimos, obteniéndose de esta manera los valores de (A-C)/2 y K con precisión.

El valor de (A + C) se obtuvo resolviendo el sistema de ecuaciones correspondiente a las líneas R por cuadrados mínimos.

Todos los cálculos se efectuaron con una calculadora de mesa y usando las Tablas de Sidran, Nolan y Blaker, hasta $J = 20$. No se calcularon líneas por arriba de este valor de J, a pesar de que puede verse, con cierta aproximación, que muchas líneas observadas en la práctica son líneas Q de $J > 20$.

IV. ESTRUCTURA

Con las constantes rotacionales determinadas, que figuran en la Tabla 3, se calcularon los momentos de inercia de la molécula (Tabla 4), notándose que las diferencias con los predichos por el modelo de partida son significativas. En consecuencia, se decidió recalcular las distancias interatómicas conservando la hipótesis de planaridad, ya que de la Tabla 4 puede verse que dicha hipótesis se verifica dentro del error experimental. Se mantuvo también la hipótesis de estructura regular del anillo bencénico.

TABLA I

Transiciones de la rama R

	ν_{exp} (MHz)	ν_{calc} (MHz)	error
$8_{08}—9_{09}$	25.154,6	25.154,14	0,46
$7_{07}—8_{08}$	22.507,3	22.507,07	0,23
$7_{17}—8_{18}$	22.506,7	22.506,38	0,32
$7_{16}—8_{17}$	25.187,7	25.189,29	0,41
$7_{26}—8_{27}$	25.155,5	25.155,03	0,47
$6_{15}—7_{16}$	22.585,6	22.585,13	0,47
$6_{25}—7_{26}$	22.481,5	22.481,05	0,45
$6_{24}—7_{25}$	25.736,5	25.736,10	0,40
$6_{34}—7_{35}$	24.777,1	24.776,57	0,53
$5_{23}—6_{24}$	23.095,3	23.095,05	0,25
$5_{33}—6_{34}$	21.668,1	21.668,24	0,14
$5_{42}—6_{43}$	22.402,6	22.402,75	0,15
$5_{41}—6_{42}$	23.151,4	23.151,14	0,26

TABLA II

Transiciones de la rama Q

	ν_{exp} (MHz)	ν_{calc} (MHz)	error
$14_{5,10}—14_{59}$	22.273,4	22.273,39	0,01
$15_{5,11}—15_{5,10}$	25.442,7	25.442,84	0,14
$16_{6,11}—16_{5,10}$	24.063,9	24.064,12	0,22
$19_{8,12}—19_{8,11}$	23.068,7	23.068,96	0,26

TABLA III

Constantes rotacionales

MHz	MHz
$A + C = 4.587,3 \pm 0,5$	$A = 3.263,3 \pm 0,2$
$A - C = 1.939,6 \pm 0,1$	$B = 2.227,8 \pm 0,2$
$K = -0,06787 \pm 0,00002$	$C = 1.323,8 \pm 0,2$

TABLA IV

Momentos de inercia

$I_a = 154,93 \pm 0,03$ $I_b = 226,94 \pm 0,04$ $I_c = 381,89 \pm 0,07$

$I_a + I_b - I_c = -0,03 \pm 0,09.$

Los cálculos se realizaron mediante el programa de computación preparado en el Laboratorio de Microondas por los Sres. Botskor, Burgos, Hartmann y Rojkind, y de ellos, siguiendo un proceso sistemático, resultó conveniente reducir la distancia C-H al valor 1,06 Å, que por otra parte es el que se le ha asignado al o-difluorobenceno en "Tables of Interatomic Distances" ([11]). De esa manera, los valores siguientes:

$$d_{CC} = 1{,}397 \qquad d_{CH} = 1{,}06 \qquad d_{CF} = 1{,}322$$

y los ángulos

$$\widehat{\text{H-C-C}} = 120^\circ \qquad \widehat{\text{F-C-C}} = 119^\circ 19' \qquad \widehat{\text{FOF}} = 59^\circ 20'$$

dan los valores: $I_a = 154{,}93$ $\quad I_b = 226{,}95$ $\quad I_c = 381{,}88$ que coinciden con los experimentalmente hallados. Los valores de las constantes rotacionales correspondientes: A = 3262,9; B = 2227,4; C = 1323,8 y el parámetro de asimetría es −0,0679636.

V. CONCLUSIONES

De los resultados de la Tabla 4 puede concluirse que, por lo menos dentro del error experimental, la planaridad de la molécula no es afectada por las sustituciones.

La estructura de la molécula propuesta difiere algo de la sugerida por L. Nygaard et al. ([12]), quienes han estudiado el espectro de microondas del florobenceno en banda X, obteniendo parámetros moleculares análogos a los aquí obtenidos. La diferencia reside en que se propone una distancia C-F algo mayor y una distancia C-H algo menor. El estudio del compuesto deuterado quizás permita decidir entre ambas propuestas.

VI. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todos aquellos integrantes del Departamento de Física que, de una u otra forma, han prestado su colaboración para la realización de este trabajo, realizado parcialmente en 1966 y completado con posterioridad. Agradecen un Subsidio del Fondo Especial para la Investigación Científica otorgado por la Universidad de Buenos Aires durante el Rectorado del Dr. Raúl Devoto, que posibilitó la puesta en marcha nuevamente del espectrómetro.

BIBLIOGRAFIA

1. G. Erlandsson, Arkiv for Fysik 7, 17 (1953).
2. — Arkiv for Fysik 8, 33 (1954).
3. — Arkiv for Fysik 9, 28 (1955).
4. H. Selen, Arkiv for Fysik 13, 6 (1957).
5. E. Rosenthal y B. P. Dailey, J. Chem. Phys. 43, 6 (1965).
6. A. Rachman, P. Kokeritz y H. Selen, J. Mol. Spect. 8, 4 (1962).
7. A. Rachman, Tesis doctoral (Univ. de Buenos Aires, 1962).
8. G. Erlandsson y A. Rachman, Ciencia e Investigación 16, 166 (1960).
9. Hewlett-Packard Application Note N° 52.
10. B. P. Stoicheff, Canad. J. Phys. 32, 330 (1954).
11. *Interatomic Distances* (The Chemical Society, Ed. L. E. Sutton, 1958). Pag. 192.
12. Nygaard, L., Risby Hansen, E., Lykke, R., Rastrup-Andersen, J. y Sørensen, G. O., Spectrochim. Acta. 23 A, 2813/19 (1967).

BIBLIOGRAFIA

Mc Cracken, Daniel D. *"Programación Fortran IV"*. Limusa-Wiley S. A. México. 1971, 165 p.

Contenido: Fundamentos de la computación Fortran
Transferencia de control
Variables de precisión doble, complejas y lógicas
Variables con subíndice
Proposición de iteración (DO)
Entrada y salida
Funciones y proposiciones de especificación
Apéndice 1: Ejecuciones reales en Fortran
2: Puntuación de proposiciones. Reglas para formar operadores
3: Funciones básicas proporcionadas
Respuestas a los ejercicios seleccionados.

Esta obra concentra la atención del lector en las aplicaciones científicas y de ingeniería de las computadoras típicas. Su fin está destinado a aquellos que desean obtener un pronto dominio en su uso, ya que se exponen los fundamentos de Fortran IV en lectura rápida y accesible.

El estudio de 15 casos muestran la aplicación del sistema, con un contenido significativo, indicando cómo trabaja el programa al reproducir la salida real de la computadora a partir de corridas de prueba. Por medio del estudio de un caso se trata la verificación de un programa.

Como su autor lo señala en el prólogo, el lenguaje que se describe está de acuerdo con el propuesto como patrón de trabajo X.3.4.3 Fortran de la American Standard Association.

En el apéndice 1 se proporciona una comparación de A. S. A. Fortran con varios lenguajes actuales.

Esta obra está destinada a servir de texto en cursos de ingeniería, ciencias o matemáticas. Los estudiantes encontrarán en ella un libro útil por la elaboración de descripciones necesarias y bien concisas, contenidas en la mayoría de los manuales de estas características.

El libro se realza por la gran inclusión de ejercicios, los cuales conducen a un completo dominio de los fundamentos. — *H. O. Alarcón.*

Stoecker, W. F., *Refrigeración y acondicionamiento.* McGraw Hill Book. Madrid. 1965, 406 p.

Obra sobresaliente en el tratamiento analítico de la refrigeración y el enfriamiento de aire, escrita con doble propósito:

1°) Como libro de texto para estudiantes de cursos superiores.

2°) Como obra de consulta para todas aquellas personas que estén en contacto con la industria de la refrigeración.

Los temas especiales son tratados de acuerdo a los avances recientes en dicha materia y se incluye un análisis exclusivo paso por paso, de las características de rendimiento de los compresores alternativos para la refrigeración.

Se puede decir, que es la primera obra que trata un estudio completo del potencial entálpico, que por otra parte, es el que trata la base para analizar la transferencia de masa y calor del aire a superficies húmedas.

Su autor, ofrece a los ingenieros de refrigeración y acondicionamiento de aire, soluciones a los problemas de equipo, teniendo estos ya una base con los principios de termodinámica, transmisión de calor y mecánica de fluidos.

Está profusamente ilustrado, incluyendo al final de cada capítulo Bibliografía y problemas relacionados al mismo. — *E. Cirelli Marcó.*

Millman, Jacob y Herbert Taub, *Circuitos digitales y de pulsos.* McGraw Hill Book. Madrid. 1965, 675 p.

El propósito de este texto es describir y analizar circuitos y técnicas que son comunes al estudio de la electrónica, con el objeto de proporcionar una base para campos tales como radar, televisión, calculadores analógicos y digitales, sistemas de control, de elaboración de datos, nucleónica, comunicaciones por pulsos, telemetría e instrumentación. Es de destacar además que no ha sido escrito específicamente para ellos, por el contrario, los circuitos y técnicas analizados en éste, son básicos para la comprensión de muchos campos diferentes, más bien, que para uno en particular.

Su objeto es de que pueda servir de obra de consulta sobre circuitos digitales y de pulsos, para estudiantes de enseñanza media y superior, que hayan seguido un curso de electrónica básica, así como obra consulta para ingenieros y físicos.

Cada capítulo está organizado reuniendo, relacionando y analizando circuitos y técnicas necesarias para realizar una operación básica. En cada uno de ellos se analiza partiendo de una base física, a fin de conseguir un comprensión clara y conocimiento intuitivo de su comportamiento.

Según sus autores “las matemáticas se han empleado siempre que ha sido preciso, pero sólo después de haber estudiado y discutido el soporte físico en que se apoyan”.

Obra muy importante y recomendable para texto en sus especialidades. Cada capítulo trae al final profusa bibliografía y ha sido ilustrado en forma muy clara y precisa. — *E. Cirelli Marcó.*

ANALES DE LA COMISION DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

INFLUENCIA DE LOS COMPONENTES DEL MEDIO DE CULTIVO SOBRE EL TIEMPO DE "GENERACION" DE UNA CEPA DE «RHIZOBIUM JAPONICUM»

Por CARMEN R. LOPRETO,[1] LUIS A. MAZZA[2] y ANTONIO P. BALATTI[3]

Sección de Biotecnología. Departamento de Tecnología Química
Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata

---

RESUMEN

Se estudia la influencia de la composición del medio de cultivo sobre el tiempo de generación de una cepa de *Rhizobium japonicum*. Entre los componentes del medio se ensayaron diferentes fuentes de carbono como: Glicerol, manitol, glucosa, galactosa, sacarosa y lactosa. Además, se estudiaron distintas concentraciones de fosfato de amonio y extracto de levadura como fuentes de nitrógeno y factores de crecimiento. Con el medio seleccionado que contiene: (g/l) glicerol 10,0; K_2HPO_4 0,5; $MgSO_4 . 7H_2O$ 0,2; NaCl 0,1; KNO_3 0,8; $(NH_4)_2HPO_4$ 0,3; extracto de levadura Difco 4,0 y solución de sulfato de manganeso y cloruro férrico al 10 °/₀ 0,1 ml de c/u., se alcanzan concentraciones celulares del orden de 10^{10} células/ml en 36 horas de proceso con un tiempo de generación de 8,6 horas.

ABSTRACT

The influence of culture medium composition on the generation time of a *Rhizobium japonicum* strain is studied. Various carbon sources such as: Glycerol, mannitol, glucose, galactose, and lactose are tested. Different concentrations of ammonium phosphate and yeast extract as nitrogen supply and growing factor are used. The selected medium composition is as follows: (amounts in

[1] Becario de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

[2] Miembro de la Carrera del Investigador Científico. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

[3] U. N. L. P. Facultad de Ciencias Exactas. Departamento de Tecnología Química.

g/l) glycerol 10.0 ; K_2HPO_4 0.5 ; $MgSO_4 . 7H_2O$ 0.2 ; NaCl 0.1 ; KNO_3 0.8 ; $(NH_4)_2HPO_4$ 0.3 ; yeast extract Difco 4.0 and $MnSO_4$ solution (10 %) 0.1 ml and $FeCl_3$ solution (10 %) 0.1 ml. Cell concentrations of the order of 10^{10} cell/ml are obtained after 36 hours with a generation time of 8.6 hours.

INTRODUCCION

El presente trabajo forma parte de un plan general sobre producción de inoculantes para leguminosas donde se estudia el efecto de los componentes del medio de cultivo como: Fuente de carbono, fuente de nitrógeno y factores de crecimiento sobre el tiempo de generación de una cepa de *Rhizobium japonicum.*

MICROORGANISMO

La cepa utilizada, *Rhizobium japonicum E-45,* fue suministrada por el Instituto de Microbiología del INTA. La mencionada cepa es efectiva en la inoculación de soja, variedad Lee, cuyo cultivo está muy difundido en nuestro país. Para el mantenimiento del microorganismo se empleó la técnica propuesta por Hunt y col. ([1]).

MEDIOS

Los estudios se iniciaron utilizando un medio cuya composición se indica en la tabla I. Sobre este medio Nº 1, en adelante denominado medio base, se efectuaron modificaciones en la fuente de carbono, fuente nitrogenada y factores de crecimiento.

INOCULO

Los inóculos fueron preparados a partir de desarrollos obtenidos en tubos de ensayo que contenían el medio base adicionado del 2 % de agar. Para iniciar cada proceso se sembró, con ansa de platino, un erlenmeyer de 500 ml conteniendo 50 ml de medio. El desarrollo así obtenido fue empleado para sembrar el medio de fermentación. Con el objeto de obtener resultados comparables en las diferentes experiencias, se fijó la concentración celular y tiempo de desarrollo del inóculo. En todos los casos, se utilizaron inóculos de 68-72

horas de edad correspondientes a la etapa de crecimiento logarítmico. La concentración bacteriana inicial en los medios de fermentación fue ajustada a un mismo valor (0,12 U.D.O.).

MATERIALES Y METODOS

El crecimiento celular fue determinado por medidas de densidad óptica en un colorímetro espectrofotómetro "Spectronic 20" empleando una longitud de onda de 600 mμ. Además en algunas experiencias el crecimiento celular fue también determinado mediante técnicas gravimétricas y por recuento del número de células viables.

Para determinar la concentración de glicerol se empleó el método indicado por Lambert y Neish ([2]).

Como control de pureza de los cultivos se hicieron siembras periódicas de los caldos de fermentación, en un medio agarizado que contiene fundamentalmente glucosa, peptona y cloruro de sodio ([3]). El *Rhizobium japonicum* no desarrolla en este medio en las primeras 24 horas mientras que los contaminantes comunes lo hacen abundantemente. Además, en todas las experiencias, se efectuaron observaciones microscópicas directa y con coloración (Gram).

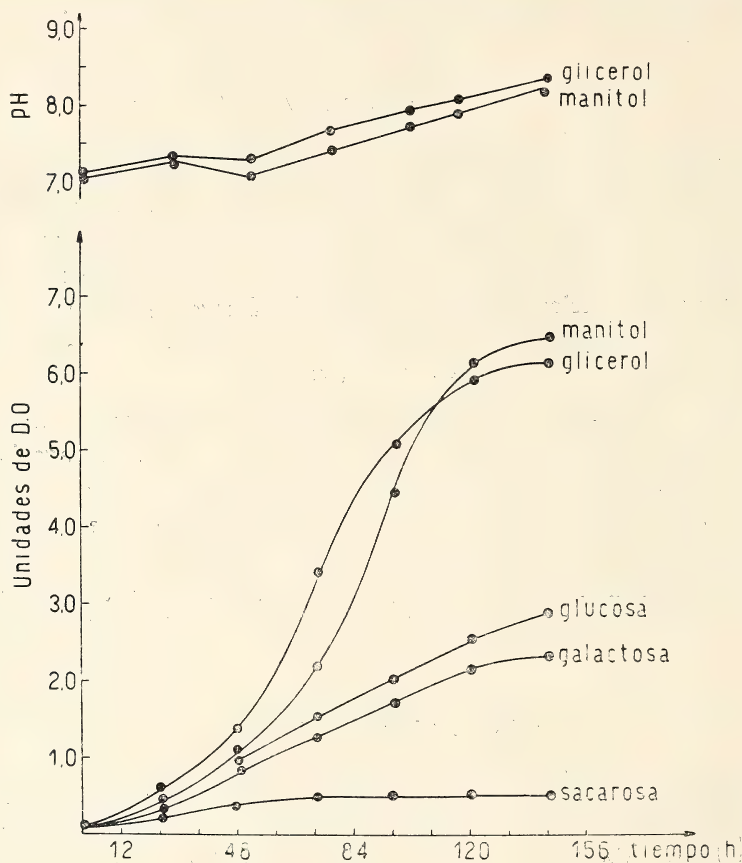
CONDICIONES OPERATIVAS

El pH de los medios fue ajustado a 7,2 antes de proceder a su esterilización en autoclave a la presión de una atmósfera durante 20 minutos. En todos los casos los ensayos fueron realizados en erlenmeyers de un litro de capacidad con 200 ml de medio. Las experiencias de fermentación y de obtención de inóculos fueron realizadas en agitador rotatorio a 230 r.p.m. y 2,5 cm de excentricidad ([4]), en cuarto estufa a 30° C.

RESULTADOS Y DISCUSION

Siendo la fuente hidrocarbonada uno de los componentes fundamentales de los medios de cultivo y teniendo en cuenta además, que la naturaleza de la misma puede afectar el crecimiento de los microorganismos, se realizaron experiencias preliminares utilizando el medio base con el fin de establecer el comportamiento de la cepa

en estudio frente a diferentes fuentes de carbono como glucosa, sacarosa, galactosa, manitol y glicerol en concentración de 10 g/l.



ig. 1. — Influencia de la naturaleza de la fuente de carbono sobre el crecimiento celular. (Medio base)

Los resultados obtenidos se indican en la figura 1 donde se observa que los mayores valores de densidad óptica fueron obtenidos en las experiencias realizadas con manitol y glicerol. Es interesante destacar que hasta las 100 horas de proceso los mayores rendimientos correspondieron a medios conteniendo glicerol. A mayor tiempo de fermentación la curva de manitol supera en valores de densidad óptica a la correspondiente de glicerol. Sin embargo, en esa etapa del proceso se observó en el medio que contiene manitol la presencia de grumos visibles a simple vista, que la observación microscópica reveló ser debidos a asociaciones celulares. Además, la

viscosidad de este medio aumenta notablemente debido a la formación de un polisacárido extracelular ([5, 6]). Los valores de velocidad de crecimiento específica fueron de 0,044 y 0,039 h^{-1} para medios con glicerol y manitol respectivamente. Estos valores se calcularon en la etapa de crecimiento logarítmico, entre las 10 y 30 horas de proceso. Respecto a la evolución del pH se observa una tendencia a la alcalinización a medida que avanza el proceso.

Influencia de la concentración de fosfato de amonio sobre la evolución del pH y crecimiento celular

Los resultados de la figura 1 muestran que la máxima velocidad de crecimiento se obtuvo con el medio que contiene glicerol como fuente hidrocarbonada. La curva de evolución de pH indica que el caldo de fermentación presenta el valor de 8,4 al final del proceso. En razón de que el pH de los medios de cultivo constituye una variable muy importante para la biosíntesis celular y teniendo en cuenta que el rango óptimo para el crecimiento de estos microorganismos se encuentra en valores cercanos al de neutralidad, se efectuaron nuevas experiencias con el fin de lograr un caldo con una evolución de pH más favorable para el crecimiento de la cepa en estudio. La composición de los medios ensayados se indican en la tabla I.

TABLA I

Composición de los medios de cultivo

Medio N°	1 (medio base)	2	3	4	5 (medio balanceado)
Manitol (g/l)	10,0	—	—	—	—
Glicerol (g/l)	—	10,0	10,0	10,0	10,0
Extracto de levadura (g/l)	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0
PO_4HK_2 (g/l)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$SO_4Mg.7H_2O$ (g/l)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
ClNa (g/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
SO_4Mn (sol. 10 °/₀) gotas	II	II	II	II	II
Cl_3Fe (sol. 10 °/₀) gotas	II	II	II	II	II
NO_3K (g/l)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$PO_4H(NH_4)_2$ (g/l)	—	0,1	0,3	0,5	0,3
Agua destilada ml.	1000	1000	1000	1000	1000

La figura 2 muestra claramente el efecto del fosfato de amonio sobre el pH. A medida que aumenta la concentración de fosfato de amonio se observa un descenso más acentuado del mismo, principalmente entre las 36 y 72 horas del proceso. Este efecto debe atribuirse a la mayor velocidad de asimilación del ión amonio.

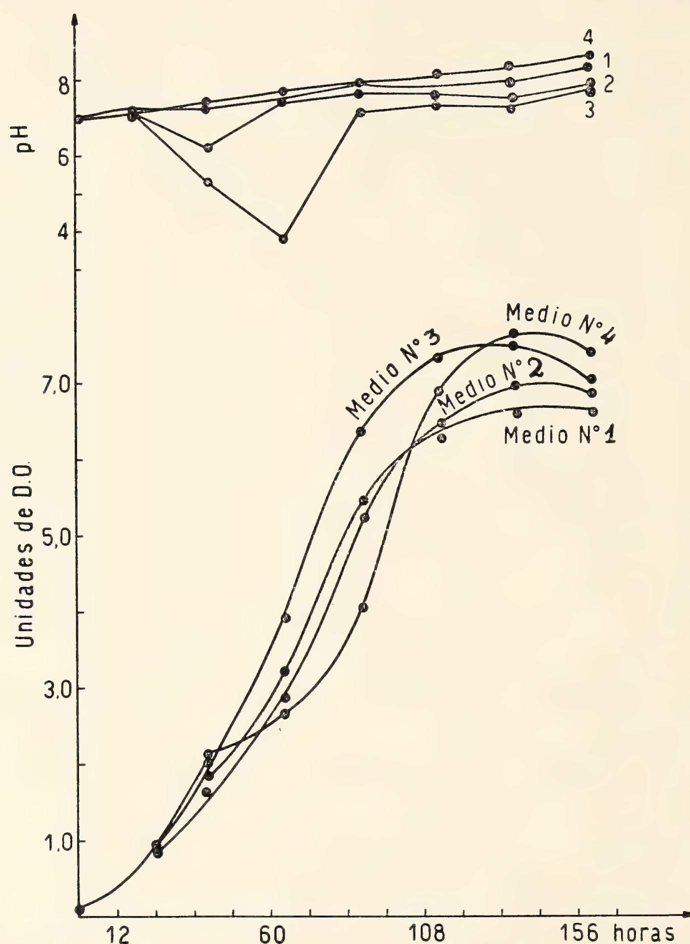


Fig. 2. — Influencia de la concentración de fosfato de amonio sobre la evolución del pH y crecimiento celular

El descenso del pH en el medio N° 4 (mayor concentración de fosfato de amonio) es tan marcado, entre las 36 y 65 horas de proceso que el crecimiento celular experimenta un sensible retardo. Además, se observa que los ensayos realizados con el medio N° 3

que contiene 0,3 % de fosfato de amonio permite obtener mayor concentración celular en menor tiempo de proceso. Los valores de la constante de velocidad específica de crecimiento y tiempo de generación para el microorganismo desarrollado en el mismo medio (calculados en la etapa de crecimiento logarítmico) fueron: $k = 0{,}056\ h^{-1}$ y $\theta g = 12{,}3\ h$ respectivamente.

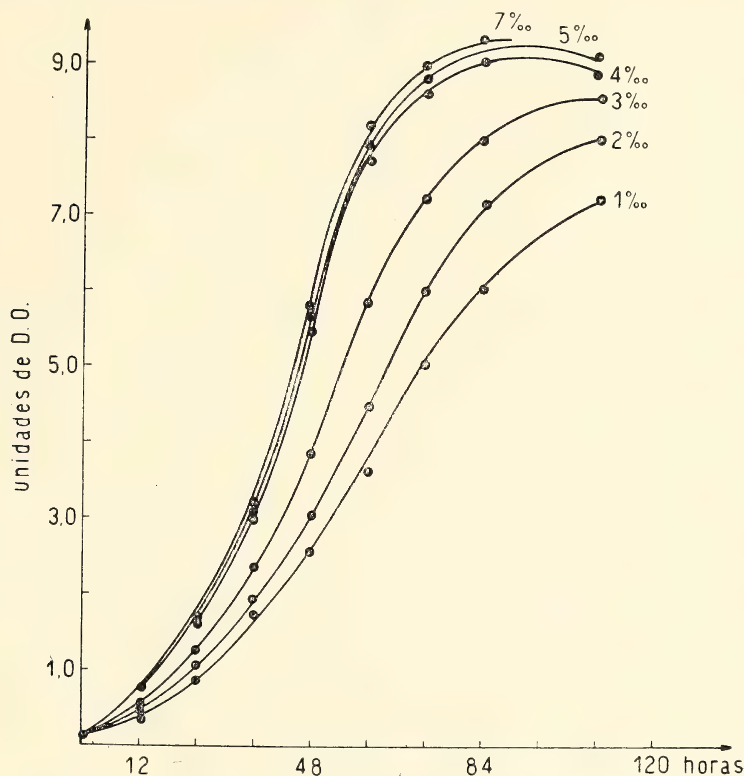


Fig. 3. — Influencia de la concentración de extracto de levadura sobre el crecimiento celular

Influencia de la concentración de extracto de levadura

El género *Rhizobium* presenta en general una serie de exigencias nutritivas referentes a vitaminas, aminoácidos y elementos trazas. Dichos compuestos son generalmente incorporados al medio de cultivo por el extracto o agua de levadura. Dado que los requerimientos dependen de cada cepa particular, se realizaron experiencias empleando el medio Nº 3 ensayando diferentes concentraciones de extracto de levadura (1 a 7 g/l).

Los resultados obtenidos se muestran en las figuras 3 y 4 donde se observa una relación directa entre la concentración del extracto de levadura y los niveles celulares alcanzados. Por encima de 4 g/l la concentración celular se hace independiente de la cantidad de extracto presente en los medios. En cuanto a la velocidad específica de crecimiento también aumenta con la concentración de extracto de levadura desde $k = 0{,}058$ (1 g/l) a $k = 0{,}080$ (4 g/l) con tiem-

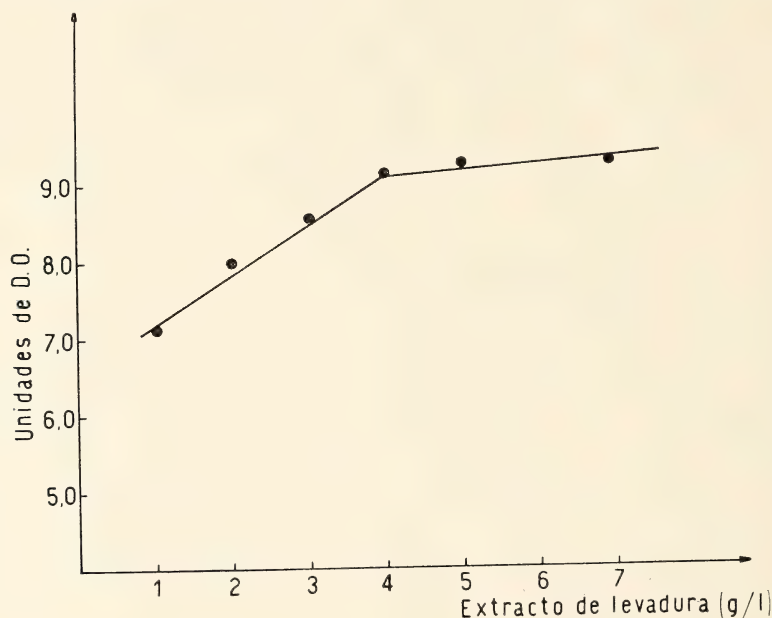


Fig. 4. — Influencia de la concentración de extracto levadura sobre la máxima concentración celular alcanzada

pos de generación de 11,9 y 8,7 horas respectivamente. Estos resultados indican, que para las condiciones estudiadas, los factores incorporados por concentraciones inferiores a 4 g/l de extracto de levadura limitan el crecimiento de *Rhizobium* en estudio.

Influencia de diferentes fuentes de carbono

Empleando un medio balanceado en sus componentes nitrogenados y factores de crecimiento (medio Nº 5) se efectuaron nuevas experiencias para estudiar la influencia de diferentes fuentes de carbono sobre el crecimiento celular. Los ensayos se realizaron

empleando las siguientes fuentes de carbono: Glicerol, manitol, glucosa, galactosa, sacarosa y lactosa, en la concentración de 10 g/l.

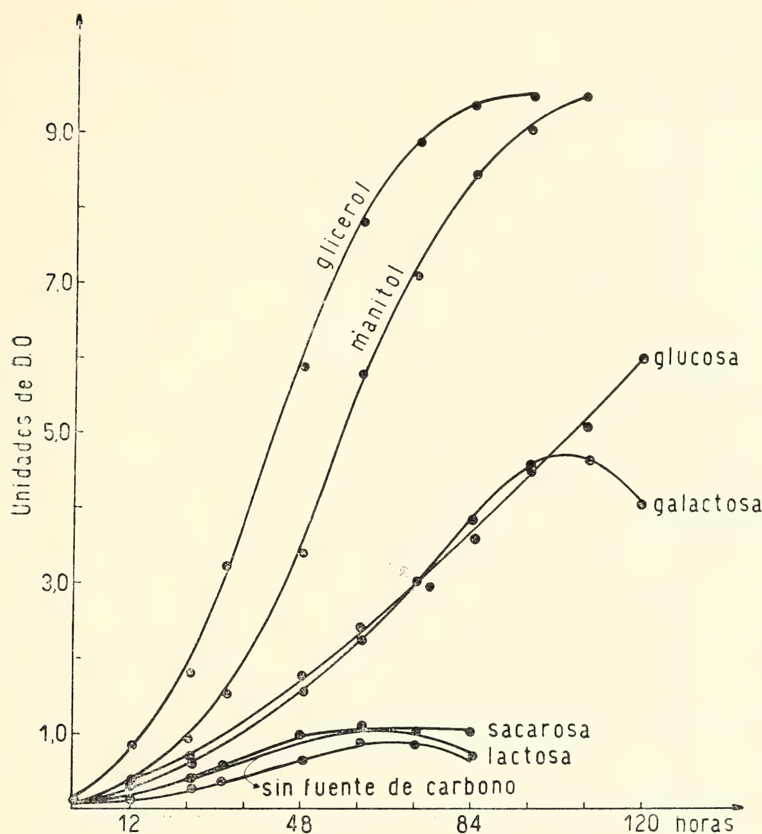


Fig. 5. — Influencia de la naturaleza de la fuente de carbono sobre el crecimiento celular. (Medio balanceado)

Los resultados obtenidos (figura 5) muestran que los mejores desarrollos celulares se obtuvieron en los medios que contienen glicerol y manitol y que los mismos concuerdan con los obtenidos en ensayos preliminares (fig. 1). no obstante ser los valores de la constante específica de crecimiento sensiblemente mayores que los anteriores. Por otro lado, se observa que la cepa no metaboliza ninguno de los disacáridos ensayados. El crecimiento parcial observado en medios que contienen lactosa y sacarosa debe atribuirse a la utilización de compuestos hidrocarbonados presentes en el extracto de levadura, ya que ensayos realizados empleando el mismo

medio, pero sin ninguna fuente de carbono adicional, conducen a desarrollos similares a los obtenidos con lactosa y sacarosa.

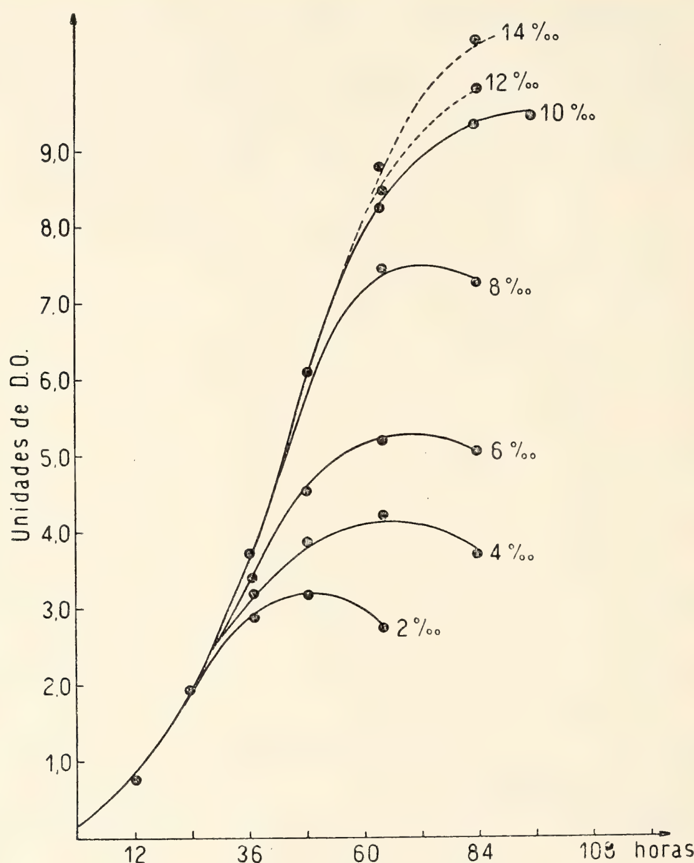


Fig. 6. — Influencia de la concentración de glicerol sobre el crecimiento celular

Una vez seleccionada la fuente de carbono se realizaron nuevas experiencias utilizando el medio Nº 5 y distintas concentraciones de glicerol (2 a 14 g/l) con el fin de establecer la concentración mínima de esa fuente de carbono que sin limitar el crecimiento permitiese obtener cultivos con una concentración celular superior a las establecidas para ser empleados en la impregnación del soporte. Los resultados muestran que para las condiciones ensayadas, concentraciones de glicerol inferiores a 10 g/l actúan como sustrato límite, por encima de esa concentración de glicerol se obtienen caldos con elevada viscosidad a partir de las 60 horas de proceso, debido a la formación de un polisacárido extracelular (6) y la pre-

sencia de asociaciones celulares. Esta heterogeneidad de los cultivos no hizo posible la correcta determinación del crecimiento celular por las técnicas ensayadas.

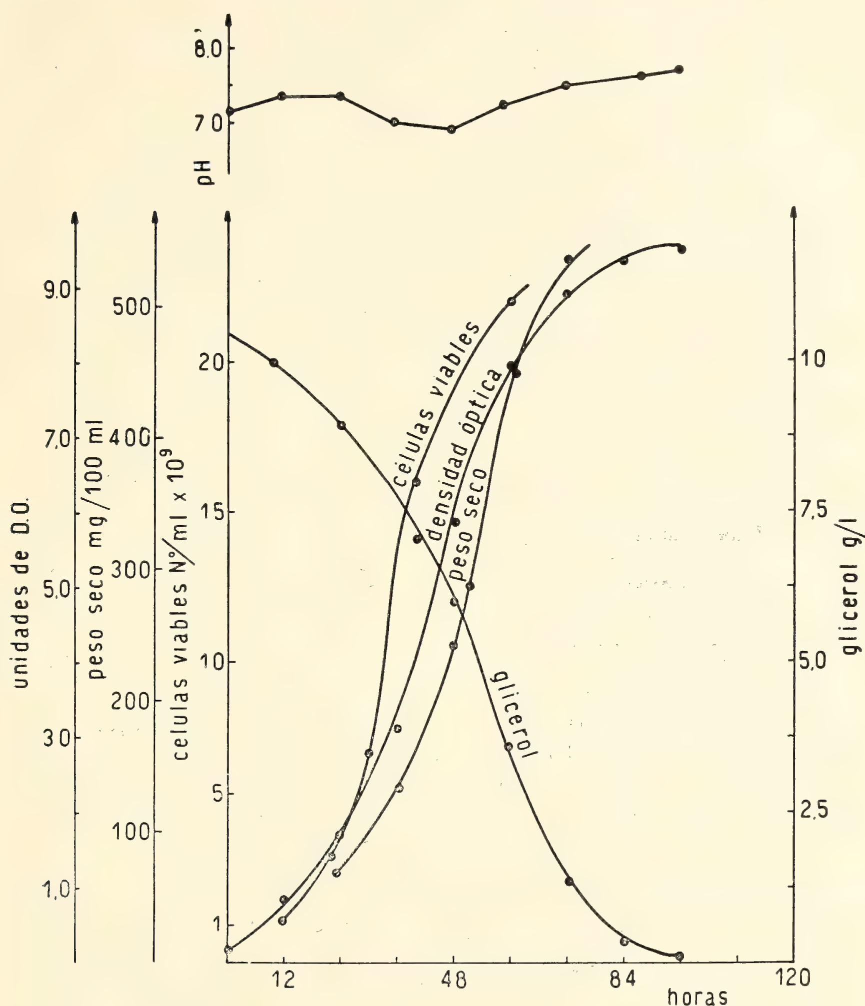


Fig. 7. — Curvas de crecimiento celular, pH, y consumo de glicerol empleando el medio balanceado

En la figura 7 se han representado curvas típicas de crecimiento de *Rhizobium japonicum cepa E-45* correspondientes al desarrollo del mencionado microorganismo en el medio resultante del estudio realizado. Además se indica en la misma figura la curva de consu-

mo de glicerol. Comparando estos resultados con los expresados en la figura 1 se observa la influencia favorable del balance efectuado en cuanto a factores de crecimiento y compuestos nitrogenados ya que la constante específica de velocidad de crecimiento prácticamente duplica su valor ($k = 0{,}44$ y $k = 0{,}080$ h^{-1}). En cuanto al glicerol, que resultó ser la fuente de carbono seleccionada, se observa que el mismo se metaboliza totalmente, siendo la constante de rendimiento $\left(y = \frac{\text{fuente de carbono consumida}}{\text{células producidas}}\right)$ de 0,5 gramos de células/gramos de glicerol consumido. La curva de crecimiento expresada en función del número de células viables muestra a las 36 horas de proceso una concentración celular superior a 10^{10} células/ml, dicho valor se encuentra por encima de los mínimos establecidos para caldos que habitualmente se destinan a la preparación de inoculantes.

TABLA II

Valores de constante específica de crecimiento, tiempo de generación, concentracción celular y pH de procesos empleando el medio base y el medio balanceado.

Medio	Base	Balanceado
Constante específica de crecimiento. k (h^{-1}).....	0,044	0,080
Tiempo de generación. θg (h)..................	15,7	8,62
Máxima concentración celular. (UDO)..........	6,2	9,5
Células viables, 48 hs de proceso (nº células/ml).	$4{,}5 \times 10^9$	$1{,}8 \times 10^{10}$
pH al final del proceso........................	8,4	7,7

En la tabla II se indican los valores de máxima concentración celular alcanzada, constante específica de velocidad de crecimiento, tiempo de generación y pH del caldo de fermentación al final del proceso empleando el medio base y el medio balanceado. Estos resultados muestran que con el medio balanceado se logra mayor concentración celular, evolución del pH con valores más cercanos a la neutralidad y sensible reducción del tiempo de generación de la cepa. Este último aspecto es de real significado tecnológico ya que disminuye notablemente el tiempo de proceso y por ende los riesgos de contaminación, con la consecuente reducción de los costos de operación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se efectuó en parte con la ayuda de un subsidio otorgado por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

BIBLIOGRAFIA

1. Hunt, G. A., Gourevitch, A. and Lein, J. 1958. *Preservation of Cultures by drying on porcelain beads.* J. of Bact. 76 : 453-454.
2. Lambert, M. and Neish, A. C. 1950. *Colorimetric determination of formaldehyde formed on periodate oxidation (glycerol).* Can. J. Research B 28 : 83.
3. Gibbs, B. M. and Shapton, D A. 1968. *Identification methods for microbiologist.* Academic Press. London, New York, 53.
4. Paladino, S. 1954. *A simple rotary shaker.* Rendiconti Istituto Superiore di Sanita English Edition. Vol. 17, 148-154.
5. Ertola, R. J., Mazza, L. A., Balatti, A. P., Cuevas, C. M. and Daguerre, R. 1969. *Effect of composition of medium and oxygen supply rates on growth of* Rhizobium meliloti. Soil Science 108 : 373-380.
6. Balatti, A. P. y Mazza, L. A. 1970. *Producción de inoculantes para leguminosas.* ION 30 : 270-275.

ANALISIS DE PROFUNDIDAD-AREA-DURACION CON ESTUDIO DE PRECIPITACIONES MAXIMAS PARA LA CUENCA DEL RIO NAPOSTA GRANDE, PROVINCIA DE BUENOS AIRES *

Por JORGE ALFREDO LUQUE [1], JUAN DARIO PAOLONI [2]
y OFELIA CLARA TUJCHNEIDER [2]

RESUMEN

El presente trabajo considera un Análisis de las Precipitaciones y tormentas máximas ocurridas durante 25 años en una Cuenca, al sur de la Provincia de Buenos Aires. Se ha establecido al efecto un Promedio General de Máximas y el correspondiente Análisis de Profundidad-Area-Duracion.

Se ajusta la metodología adoptada para el grupo de tormentas máximas analizadas y se sientan las bases para posteriores estudios mediante el análisis P.A.D.

SUMMARY

In this work a characterization of the parameter *Precipitation* is carried out, by means of an analysis of the maximal average precipitations in this basin.

The major annual precipitations are determined and the general average of the maximals is established, on wich works are done with the purpose of making in this time, one analysis of « Depth-Area-Duration ».

The elements thus obtained and the analysis of maximal storms included in the area, have made possible a study of characterization of maximal precipitations.

* Este trabajo responde a un Plan de Investigación subvencionado por la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires.

[1] Profesor Titular e Investigador de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.

[2] Asistentes de Investigación y Docencia de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.

I. INTRODUCCION

La necesidad de caracterizar mediante análisis definidos el parámetro Precipitación que actúa sobre determinada área, fue puesta repetidamente de manifiesto entre otros estudios, en la programación tentativa de desarrollo de los recursos hidráulicos de la Argentina, tarea efectuada por la CEPAL y el CFI conjuntamente y, que consta en el Informe respectivo ([1]).

Asimismo y recordando la función básica que cumple la Hidrometeorología de apoyo, se estima que dicha caracterización es uno de los caminos indirectos más racionales para arribar, por ejemplo, al conocimiento de la Avenida Máxima probable de una cuenca, o Avenida de proyecto para futuras obras ([4, 11, 12]).

Dentro de tal propósito se ha iniciado en la zona sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina, un estudio razonado de análisis de precipitaciones máximas, tomando como área de referencia la cuenca del río Napostá Grande, que incluye registro de este parámetro en unas once localidades aproximadamente, desde Tornquist y Sierra de la Ventana al norte hasta la ciudad de Bahía Blanca, al sur. Por otra parte, esta metodología permite asimismo obtener una serie de patrones isoyéticos, que son de aplicación en la técnica de "Transposición de Tormentas" y contribuyen igualmente, a lograr las primeras bases para un futuro "Atlas de Tormentas" regional.

II. METODO

En un período seleccionado de $n = 25$ años (período 1944/969) en razón de los datos existentes, se localizaron las mayores tormentas para cada año considerado.

Se pudo establecer así que en 15 años de dicho período, las tormentas máximas no fueron prácticamente significativas, mientras que en un año, por ejemplo (1967), se repetía la presencia de una tormenta máxima de significación.

En razón de la magnitud total de lluvia caída especialmente para una duración de 48 horas, se caracterizaron finalmente las diez mayores tormentas (precipitaciones) del período o lapso estudiado.

Cabe hacer presente que incluida en estas diez precipitaciones máximas, se encuentra la precipitación de los días 7, 8 y 9 de abril de 1944, que presumiblemente constituye el máximo "maximorum" conocido de los últimos años en la región

El detalle de las diez tormentas o precipitaciones máximas consideradas dentro del período seleccionado para el análisis, es el siguiente:

Tormenta	Fecha de ocurrencia
1º..........	7-8-9 de abril de 1944
2º.	4-5-6 de febrero de 1945
3º..........	24-25-26 de septiembre de 1948
4º..........	15-16-17 de abril de 1950
5º..........	14-15-16 de febrero de 1951
6º..........	14-15-16 de marzo de 1953
7º..........	16-17-18 de octubre de 1964
8º..........	27-28-29 de julio de 1966
9º..........	7-8-9-10 de octubre de 1967
10º..........	16-17-18 de octubre de 1967

En las planillas nº 1 al 10 inclusive se acompaña adjunto el desarrollo de estas diez tormentas hasta 48 horas de duración.

ANALISIS DE PRECIPITACION PARA CURVA DE MASAS

Cuenca o Zona: Río Napostá Grande. Tormenta: 7-8-9 de abril de 1944

PLANILLA Nº 1

Localidades	Duración en horas							
	6	12	18	24	30	36	42	48
1. Alferez San Martín..	8	15	27	36	48	59	72	85
2. Bahía Blanca.......	30	90	102	128	135	149	157	160
3. Cabildo............	10	30	51	69	81	120	145	155
4. Corti..............								
5. Estomba...........	29	58	85	98	115	136	161	185
6. García del Río......								
7. Napostá............	60	95	106	119	132	141	149	157
8. Saldungaray,.......	90	124	124	124	124	124	124	124
9. Sierra de la Ventana	55	120	120	120	120	120	120	120
10. Tornquist..........	40	71	89	110	125	149	158	164
11. Tres Picos........	30	65	85	97	110	135	140	146

ANALISIS DE PRECIPITACION PARA CURVA DE MASAS

Cuenca o Zona : Río Napostá Grande. Tormenta : 4-5-6 de febrero de 1945

PLANILLA Nº 2

Localidades	Duración en horas							
	6	12	18	24	30	38	42	48
1. Alferez San Martín..	8	17	28	44	67	95	130	155
2. Bahía Blanca........	6	21	37	45	69	87	106	118
3. Cabildo............	3	12	21	35	55	96	103	110
4. Corti..............								
5. Estomba...........	5	8	19	30	39	47	62	70
6. García del Río......								
7. Napostá............	6	11	31	47	72	91	101	122
8. Saldungaray........	3	7	11	15	25	37	62	80
9. Sierra de la Ventana	2	19	25	36	41	57	63	77
10. Tornquist..........	1	12	16	18	34	67	76	81
11. Tres Picos..........	6	17	34	54	65	97	103	110

ANALISIS DE PRECIPITACION PARA CURVA DE MASAS

Cuenca o Zona : Río Napostá Grande. Tormenta : 24-25-26 de setiembre de 1948

PLANILLA Nº 3

Localidades	Duración en horas							
	6	12	18	24	30	36	42	48
1. Alferez San Martín..								
2. Bahía Blanca........	3	9	13	16	25	27	30	32
3. Cabildo............	2	7	10	15	21	37	46	59
4. Corti..............								
5. Estomba...........	1	9	14	17	20	34	49	56
6. García del Río.....								
7. Napostá............	3	5	12	19	33	47	59	89
8. Saldungaray........	12	17	20	22	29	31	39	41
9. Sierra de la Ventana	2	11	26	30	35	38	41	47
10. Torquinst..........	3	8	10	13	19	26	33	35
11. Tres Picos..........	2	5	6	7	23	46	58	78

ANALISIS DE PRECIPITACION PARA CURVA DE MASAS

Cuenca o Zona : Río Napostá Grande. Tormenta : 15-16-17 de abril de 1958

PLANILLA Nº 4

Localidades	Duración en horas							
	6	12	18	24	30	36	42	48
1. Alferez San Martin..	5	16	21	38	42	49	51	54
2. Bahía Blanca.......	3	11	17	23	23	24	25	26
3. Cabildo............	4	15	25	49	52	57	60	61
4. Corti..............								
5. Estomba...........	7	19	28	54	57	60	63	66
6. García del Río......								
7. Napostá............	19	36	70	100	102	103	104	104
8. Saldungaray........	6	17	31	55	59	62	65	67
9. Sierra de la Ventana	5	24	39	56	63	67	69	70
10. Tornquist..........	6	37	48	70	77	83	91	109
11. Tres Picos..........	3	13	36	52	59	61	65	67

ANALISIS DE PRECIPITACION PARA CURVA DE MASAS

Cuenca o Zana : Río Napostá Grande. Tormenta : 14-15-16 de febrero 1951

PLANILLA Nº 5

Localidades	Duración en horas							
	6	12	18	24	30	36	42	48
1. Altércz San Martín..	12	21	37	48	52	59	60	64
2. Bahía Blanca.......	2	3	7	10	19	23	41	60
3. Cabildo............	6	15	32	61	73	79	82	85
4. Corti..............								
5. Estomba...........	12	26	45	62	65	71	84	90
6. García del Río......								
7. Napostá............	3	23	38	42	56	59	64	66
8. Saldungaray........	9	21	47	77	81	89	95	101
9. Sierra de la Ventana	6	32	51	68	71	87	74	107
10. Tornquist..........	3	7	9	10	25	34	47	56
11. Tres Picos.........	4	12	21	35	39	45	56	60

ANALISIS DE PRECIPITACION PARA CURVA DE MASAS

Cuenca o Zona : Río Napostá Grande. Tormenta : 14-15-16 de marzo de 1953

PLANILLA Nº 6

Localidades	Duración en horas							
	6	12	18	24	30	36	42	48
1. Alferez San Martín..	1	1	3	4	28	46	59	91
2. Bahía Blanca.......	2	3	4	5	16	32	44	65
3. Cabildo............	2	6	9	10	19	25	37	46
4. Corti..............								
5. Estomba...........	3	16	36	42	54	68	72	91
6. García del Río......								
7. Napostá......... ...	4	25	41	78	84	87	90	94
8. Saldungaray........	2	29	57	71	89	95	112	124
9. Sierra de la Ventana	7	31	62	89	97	106	121	135
10. Tornquist..........	6	29	35	49	58	72	81	88
11. Tres Picos.........	9	16	28	49	51	54	57	58

ANALISIS DE PRECIPITACION PARA CURVA DE MASAS

Cuenca o Zona : Río Napostá Grande. Tormenta : 16-17 de octubre de 1964

PLANILLA Nº 7

Localidades	Duración en horas							
	6	12	18	24	30	36	42	48
1. Alferéz San Martín..								
2. Bahía Blanca.......	8	19	27	33	33	33	33	33
3. Cabildo............	6	15	25	31	36	39	40	42
4. Corti..............								
5. Estomba...........	9	18	21	33	45	53	59	62
6. García del Río......								
7. Napostá............	3	9	17	26	34	45	56	60
8. Saldungaray........	10	25	37	44	59	68	85	92
9. Sierra de la Ventana	12	23	35	49	67	74	95	103
10. Tornquist..........	9	15	29	38	46	57	74	86
11. Tres Picos.........	6	11	19	23	29	31	37	42

ANALISIS DE PRECIPITACION PARA CURVA DE MASAS

Cuenca o Zona : Río Napostá Grande. Tormenta : 27-28-29 de julio de 1966

PLANILLA Nº 8

Localidades	Duración en horas							
	6	12	18	24	30	36	42	48
1. Alferez San Martín..	7	19	36	55	59	63	65	67
2. Bahia Blanca.......	4	12	19	26	33	37	37	40
3. Cabildo............	6	18	29	49	57	66	75	82
4. Corti..............								
5. Estomba...........	1	12	23	35	47	55	63	79
6. García del Río......								
7. Napostá............	2	19	33	45	52	64	71	76
8. Saldungaray........	9	17	25	34	41	52	66	70
9. Sierra de la Ventana	10	25	41	57	65	79	95	102
10. Tornquist..........	2	11	18	20	25	32	32	35
11. Tres Picos..........	7	16	29	44	51	66	70	71

ANALISIS DE PRECIPITACION PARA CURVA DE MASAS

Cuenca o Zona : Río Napostá Grande. Tormenta : 7-10 de octubre de 1967

PLANILLA Nº 9

Localidades	Duración en horas							
	6	12	18	24	30	36	42	48
1. Alferez San Martín..								
2. Bahía Blanca.......	1	6	17	33	33	34	35	38
3. Cabildo............	3	12	27	54	54	54	55	55
4. Corti..............	1	4	9	13	16	21	36	39
5. Estomba...........	2	8	17	27	33	38	50	57
6. García del Río......								
7. Napostá............	2	8	20	37	37	37	37	37
8. Saldungaray........	1	7	17	25	31	37	42	45
9. Sierra de la Ventana	3	9	22	30	33	40	51	72
10. Tornquist..........	3	11	23	33	33	33	33	42
11. Tres Picos.........	2	14	19	28	30	32	32	34

ANALISIS DE PRECIPITACION PARA CURVA DE MASAS

Cuenca o Zona : Río Napostá Grande. Tormenta : 16-17-18 de octubre de 1967

PLANILLA Nº 10

Localidades	Duración en horas							
	6	12	12	24	30	36	42	48
1. Alferez San Martín..	4	11	17	28	37	49	51	53
2. Bahía Blanca.......	2	7	39	73	76	78	85	95
3. Cabildo............	3	8	28	45	58	53	74	86
4. Corti..............								
5. Estomba............	2	11	23	42	47	56	60	74
6. García del Río.....	2	8	14	18	24	32	34	44
7. Napostá............	1	4	6	12	17	21	29	35
8. Saldungaray........	8	17	26	38	42	47	52	55
9. Sierra de la Ventana	3	16	28	40	46	53	71	79
10. Tornquist.........	2	8	19	33	65	76	89	91
11. Tres Picos........	2	11	23	33	39	46	51	58

Los intervalos tomados en cuenta en los respectivos cuadros son de 6 horas de duración, a pesar de no contarse en general, entre los elementos de trabajo, con fajas pluviográficas o histogramas de precipitación integrados cada 6 horas.

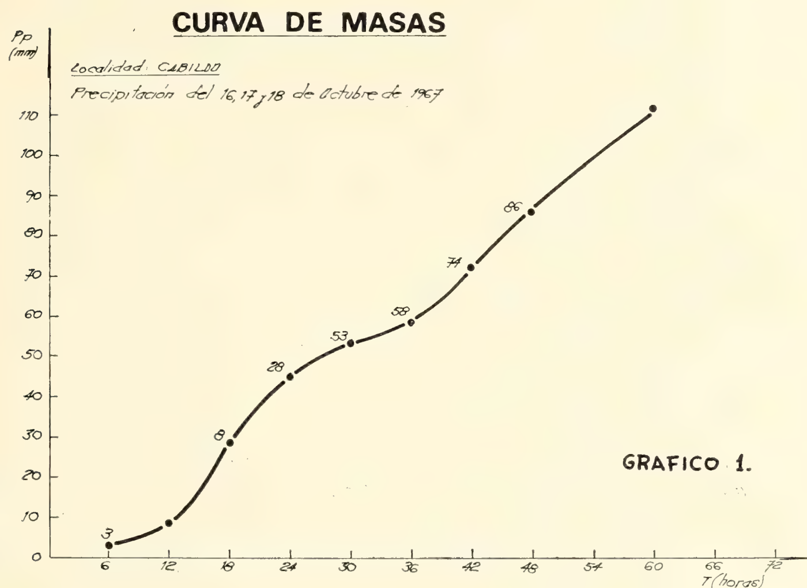
Para poder completar los análisis según el intervalo referido, se apeló al siguiente procedimiento de generación de valores intermedios:

a) Se construyeron las gráficas de las curvas de masa de acuerdo a los datos disponibles, en su mayoría cada 12 o cada 24 horas individuales y para el grupo, se localizaron del área. Como elemento ilustrativo se incluyen 4 curvas de masa para 48 horas, en los gráficos 1 a 4 inclusive, de las localidades de: Cabildo, Estomba, Tres Picos y Saldungaray, para cuatro tormentas.

b) Se obtuvo por interpolación gráfica el valor que presumiblemente habría correspondido a la duración faltante, asumiendo una intensidad de lluvia igual entre los dos valores extremos de referencia.

c) Se ajustó el dato anterior, así obtenido, a las referencias de "lluvia caída" hasta determinada hora de registro, pues se constata

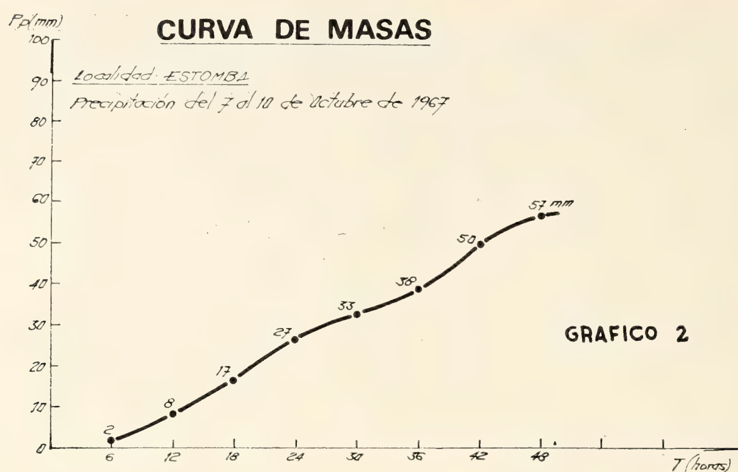
que según la fuente de origen del dato (estaciones de FF. CC., estación meteorológica del Servicio Aeronáutico, pluviómetros instalados en propiedades particulares en el área, como la "Propiedad Funke" y otras), se ha tomado en muchos casos el valor de lluvia caída en diferentes horarios (a las 8 a.m, 12 m., 18 p.m., 20 p.m., 24 p.m., etc.) y, por diferencia, podía plantearse en aquellos casos intervalos de valores que cabían dentro del dato faltante.

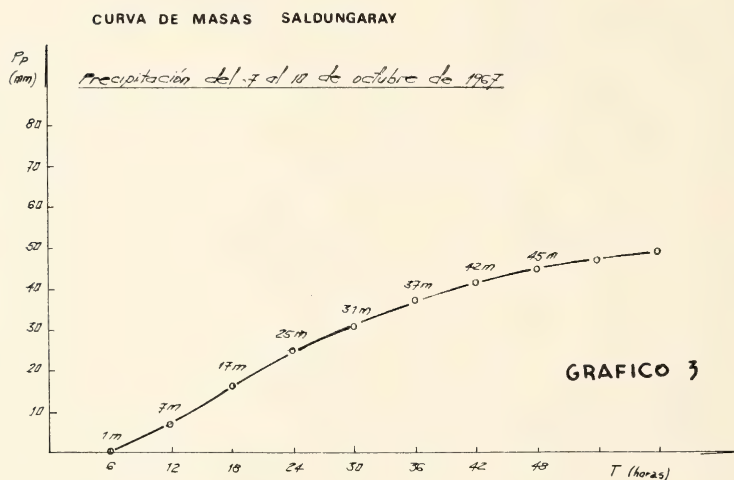


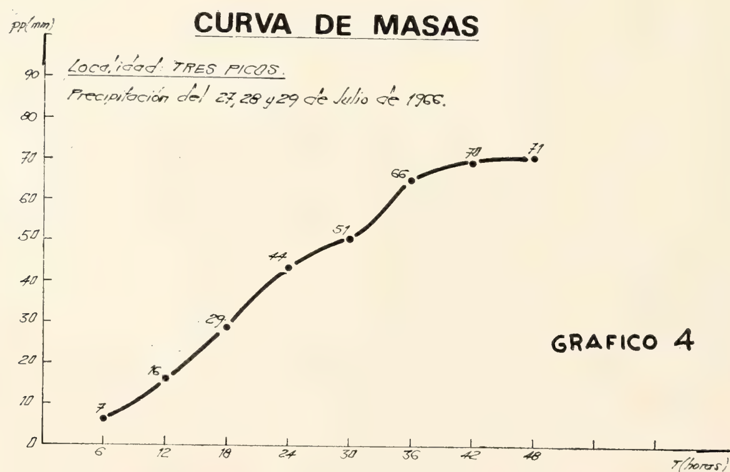
d) Posteriormente, y en los casos en que asimismo se constataba ausencia de referencias ciertas, se ajustaron intervalos por el procedimiento estadísticos de probabilidad al azar, usando como términos límites los valores extremos conocidos.

Desde luego, cabe en consecuencia considerar que algunas de las cifras intermedias aquí consignadas son asumidas, no registradas,, pero debe tenerse en cuenta a los fines del descargo correspondiente que es el único procedimiento que se estima viable para cerrar convenientemente las curvas de masa y poder así proceder al análisis respectivo ([2, 4, 8]).

Con relación al método aplicado para el análisis de "Profundidad-área-duración", se ha seguido la técnica americana preconizada por el "Bureau of Reclamation" ([11]) y adoptada asimismo por la Escuela Linsley ([4, 6, 7]) de Stanford, EE. UU.


CURVA DE MASAS
Pp(mm)
Localidad: ESTOMBA
Precipitación del 7 al 10 de octubre de 1967
2
8
17
27
33
38
50
57 mm
GRAFICO 2
T (horas)


CURVA DE MASAS SALDUNGARAY
Pp (mm)
Precipitación del 7 al 10 de octubre de 1967
1 m
7 m
17 m
25 m
31 m
37 m
42 m
45 m
GRAFICO 3
T (horas)


CURVA DE MASAS
Pp(mm)
Localidad: TRES PICOS.
Precipitación del 27, 28 y 29 de Julio de 1966.
7
16
29
44
51
66
70
71
GRAFICO 4
T(horas)

Suscintamente y de un modo general, los pasos seguidos para el desarrollo de este análisis fueron:

1º Se selecciona la tormenta tipo que servirá de base al análisis, contando con la respectiva curva de masas dentro del mayor número posible de localidades del área.
2º Se analiza y delimita la cuenca o zona de asentamiento, determinando su superficie.
3º Ubicadas las localidades base, se delimita su área de influencia respectiva, de preferencia por el procedimiento de los Polígonos de Thiessen. Se construye la Planilla de Areas.
4º Trabajando con la curva de masas sobre la cuenca, se confecciona el mapa isoyético o patrón para la duración seleccionada, de 24 ó 48 horas según el caso. De contar con los registros de esta última duración, es preferible tender al tiempo máximo siempre que los datos sean consistentes. Ello nos dará mayor cantidad de curvas de duración en el gráfico final.
5º Se inicia el análisis progresivo, para cada valor de isoyeta, comenzando por la mayor y continuando en sentido decreciente. Se establece:

   5.1. La estación o las estaciones de observación y registro que quedan involucradas en cada isoyeta (por lo general, las isoyetas se toman de 10 en 10 mm).
   5.2. Se consigna el valor de la isoyeta analizada.
   5.3. Se establece el promedio real de la misma, según su posición con respecto al patrón isoyético y los valores o curvas limitantes.
   5.4. Contando con las estaciones involucradas dentro de los límites de la isoyeta analizada, se establece la proporción porcentual en que cada estación interviene dentro del área total comprometida o incluída en los valores límites de la isoyeta considerada. El total proporcional deberá ser igual a la unidad.
   5.5. Se mide o determina, planimétricamente, el área parcial que cubre dicho valor isoyético en la cuenca. A medida que se avanza con el análisis, se va consignando además en una columna paralela, el área acumulada.
   5.6. Se analiza y registra asimismo, el área neta controlada por cada estación, con referencia a la superficie total involucrada de la isoyeta. Queda así confirmada la pro-

porción en que incide en el análisis cada estación de registro, para los límites de la isoyeta.

5.7. Se va anotando en planillado al efecto para cada intervalo de duración establecido (en este caso cada 6 horas) el valor de la precipitación proporcional respectiva de la estación. Ello se obtiene multiplicando el dato de la curva de masas por su proporción porcentual. Se completa estos valores hasta la duración total, de 48 horas.

5.8. La suma de los valores anteriores nos da la curva de masas para esa isoyeta y según cada duración considerada.

5.9. Se analizan los incrementos surgidos entre cada intervalo de duración de la precipitación, tratando de localizarlos y ordenarlos en su valores decrecientes.

5.10. Se ajusta la curva de masa anterior, asumiendo el mayor intervalo para la primera duración, los dos mayores valores conjuntos para el segundo intervalo considerado y así sucesivamente. En este último ajuste difieren algunos autores, en cuanto al procedimiento ([2, 4, 18]).

Se obtiene de este modo la precipitación ajustada, para tormentas máximas, en este caso.

5.11. Se lleva a cabo el análisis gráfico de "Profundidad-área-duración" sobre un papel "semi-log" en el cual se consigna en la abscisa, el valor de la precipitación *(Profundidad)* en mm y en proyección lineal; en la ordenada, los valores de superficicie de la cuenca *(Area)* en hectáreas o en km^2 según sea el caso, en proyección logarítmica.

Los intervalos de precipitación *(Duración)*, quedan establecidos mediante curvas envolventes inclinadas, trazadas en el sentido vertical.

De acuerdo a los valores de área acumulada consignados en la planilla general de análisis, se registra con un punto, para cada duración en el gráfico, la profundidad alcanzada según la precipitación máxima ajustada.

Se traza luego la envolvente (máximo valor hacia la derecha) para cada intervalo, lográndose las curvas de duración.

5.12. Se confecciona finalmente la Planilla de Precipitaciones Máximas para diferentes áreas según la tormenta

analizada, asumiendo áreas específicas totales, en valores crecientes.

III. DESARROLLO

En función de la técnica anteriormente descrita, se efectuó el análisis de la precipitación por curva de masas, de las diez tormentas máximas del período; se estudió y delimitó la cuenca del río Napostá Grande, la que se muestra en el gráfico 5 y se confeccionó su planilla de áreas por el procedimiento de los polígonos de Thiessen, estableciéndose la incidencia de cada localidad involucrada, como se observa en el gráfico 6.

El detalle de precipitaciones consideradas cada seis horas, para 11 localidades de registró en el área, se consigna en las planillas 1 a 10 inclusive, ya mencionadas.

Los elementos anteriores han permitido así la confección de patrones isoyéticos tipo, como los de la tormenta máxima de los días 4, 5 y 6 febrero de 1945 para 48 horas, que se acompaña en el gráfico 7 y, el de la Tormenta máxima anual del 15 y 16 de marzo de 1953, para 24 horas, que se incluye en el gráfico 8. Ambos patrones son aptos para transposición a cuencas vecinas.

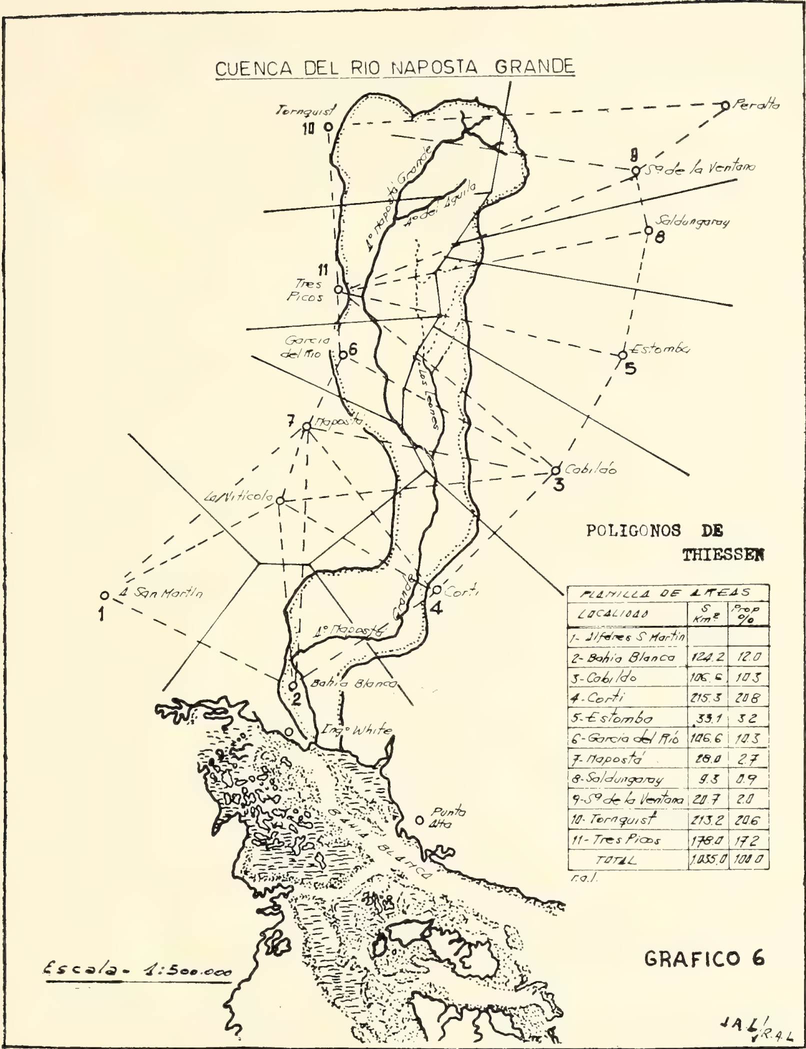
PLANILLAS PROMEDIO DE TORMENTAS MAXIMAS
PARA 48 HORAS DE DURACION

Para n = 25 años (Período 1944/1969)

PLANILLA Nº 11

Localidades	Duración en horas							
	6	12	18	24	30	36	42	48
1. Alférez San Martín	6,0	14,0	24,5	36,4	44,7	55,87	69,71	81,28
2. Bahía Blanca	6,1	18,10	27,6	39,2	46,2	52,3	59,2	66,4
3. Cabildo	4,5	13,8	26,8	41,8	45,0	62,1	71,6	78,1
4. Corti	1,9	7,3	16,5	24	29,4	38,6	66,2	72,0
5. Estomba	6,4	18,5	31,1	44,0	52,3	61,8	72,3	83,0
6. García del Río	3,57	14,28	25	32,1	42,8	57,1	60,7	78,5
7. Napostá	10,1	23,5	37,4	52,5	61,9	69,5	76,0	84,0
8. Saldungaray	15,0	28,1	39,5	50,5	63,8	64,2	74,2	79,19
9. Sierra de la Ventana	10,5	31,0	44,9	57,5	63,8	71,2	82,8	91,2
10. Tornquist	7,5	20,9	29,6	39,4	50,8	62,9	71,4	78,7
11. Tres Picos	7,1	18,0	30,0	42,2	49,6	61,3	66,9	72,4


CUENCA DEL RIO NAPOSTÁ GRANDE
Tornquist
APORTE SEC. A LA CUENCA ALTA
ALTA CUENCA
Tres Picos
Chasicó
García del Río
CUENCA MEDIA
Napostá
La Vitícola
Nueva Roma
Alférez San Martín
CUENCA INFERIOR
Bordeu
B. Blanca
Grünbein
Calderón
Cochrane
Corti
Cabildo
Estomba
Peralta
Sa. de la Ventana
Saldungaray
A. Divisorio
Lartigau
Cnl. Falcón
Paso Mayor
Bajo Hondo
Punta Alta
Isla Bermejo
Isla Trinidad
Río Sauce Grande
ESCALA 1:500.000
GRAFICO 5



PLANILLA DE AREAS		
LOCALIDAD	S Km²	Prop %
1- Alferes S Martin		
2- Bahia Blanca	124.2	12.0
3- Cabildo	106.6	10.3
4- Corti	215.3	20.8
5- Estomba	33.1	3.2
6- Garcia del Rió	106.6	10.3
7- Napostá	28.0	2.7
8- Saldungaray	9.3	0.9
9- Sª de la Ventana	20.7	2.0
10- Tornquist	213.2	20.6
11- Tres Picos	178.0	17.2
TOTAL	1.035.0	100.0

r.a.l.

PATRON DE ISOYETAS PARA CUENCAS OBTENIDO EN EL SUR DE LA PCIA. DE BUENOS AIRES, ARGENTINA.

Duración = 48 hs
Tormenta máxima de los días 4, 5 y 6 de febrero de 1945

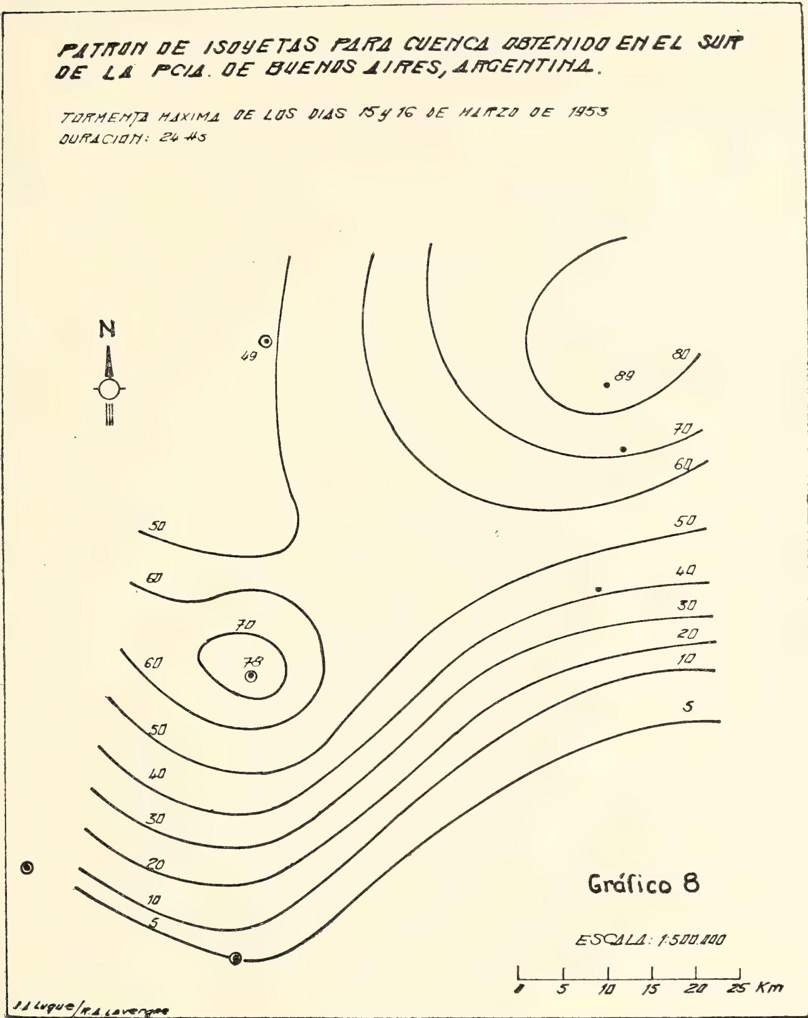
N

75
80
TORNQUIST
77
SIERRA DE LA VENTANA
90
100
TRES PICOS
115
120
130
140
70
75
80
90
100
CABILDO
115
120
130
140
150
155
ALFEREZ SAN MARTIN
BAHIA BLANCA

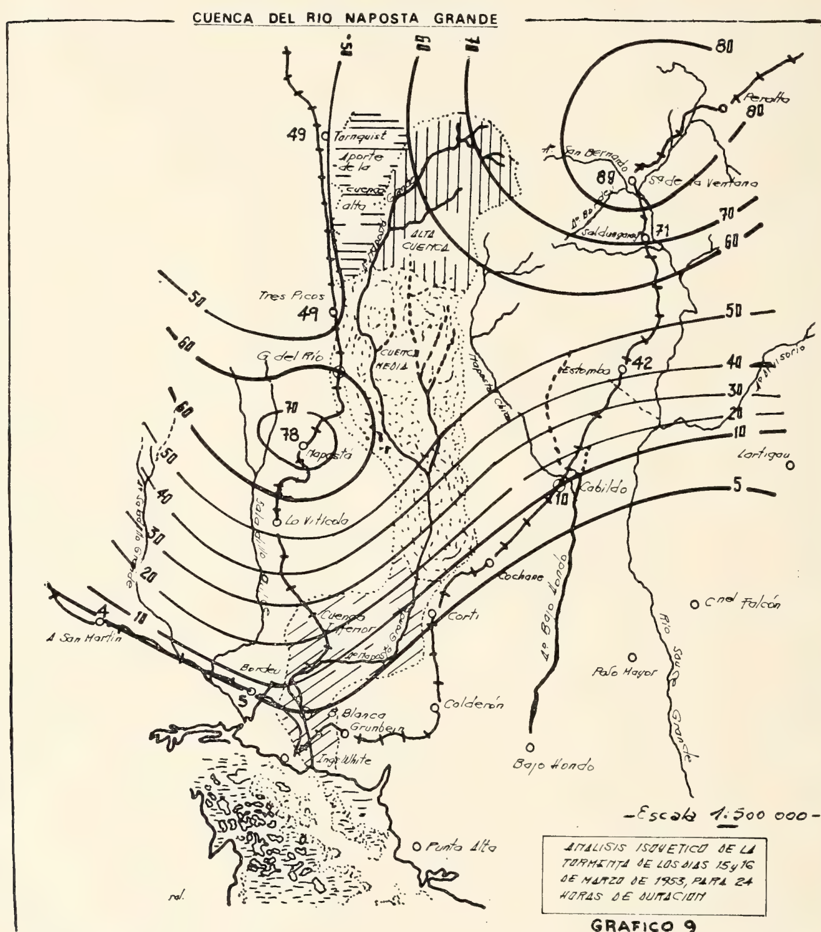
Gráfico 7

Escala: 1:500.000
0 5 10 15 20 25
Km.

J. A. Luque
H. A. Lavergne


PATRON DE ISOYETAS PARA CUENCA OBTENIDO EN EL SUR DE LA PCIA. DE BUENOS AIRES, ARGENTINA.
TORMENTA MAXIMA DE LOS DIAS 15 y 16 DE MARZO DE 1953
DURACION: 24 Hs
N
49
80
89
70
60
50
40
30
20
10
5
78
Gráfico 8
ESCALA: 1:500.000
0 5 10 15 20 25 Km

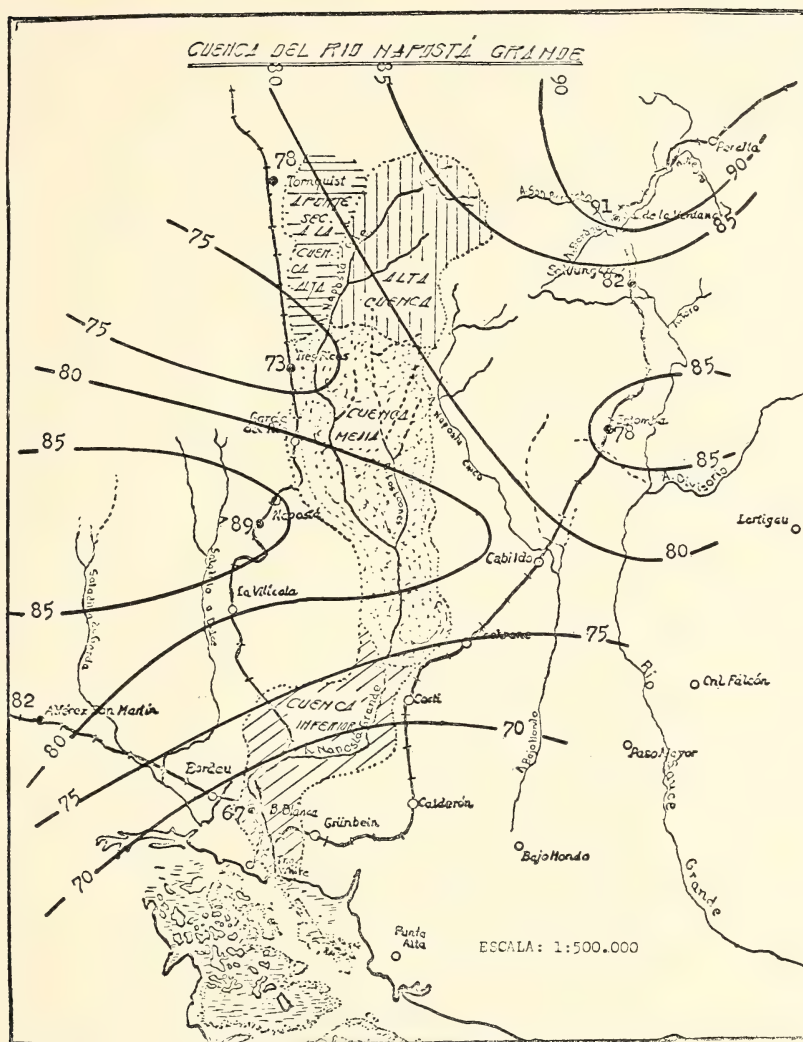
Avanzando con el análisis de las tormentas máximas, se obtuvo el promedio general de máximas para el período considerado de $n = 25$ años (Per. 1944/1969) dentro de una duración de 48 horas base, como se muestra en la planilla 11 que se acompaña.



La graficación de los análisis isoyéticos sobre la cuenca, constituye el próximo paso que permite cuantificar en forma más integral y objetiva la precipitación producida.

De la tormenta unitaria para 24 horas de los días 15 y 16 de marzo de 1953, se acompaña el análisis isoyético en el gráfico de la figura 9.

Para la cuenca en estudio del río Napostá Grande y avanzando en el análisis general de las tormentas máximas, se incluye segui-



damente el análisis isoyético para 48 horas de duración y $n = 25$ años, del Promedio de tormentas máximas, en el gráfico 10.

El desarrollo del análisis de *Profundidad-Area-Duración* para la cuenca en función del promedio de tormenas máximas, se muestra en la planilla 12 que se acompaña.

PLANILLA DESARROLLO PROFUNDIDAD-AREA-DURACION

Tormenta : Promedio de tormentas máximas

PLANILLA Nº 12

Estación de observación o registro	Isoyeta incluída				Area controlada		Precipitación considerada para tiempo en horas							
	Valor (mm)	Prom. (mm)	Ar. parcial (ha)	Ar. acum. (ha)	Neta (ha)	Prop. (°/•)	6	12	18	24	30	36	42	48
1. Tornquist.........	85	87	1879,50	1879,50	1279,20	0,57	4,27	11,91	16,87	22,45	28,95	35,85	40,69	44,85
2. S. de la Ventana...					600,30	0,43	4,51	13,33	19,30	24,72	27,43	30,61	35,60	39,21
3. Curva de masa....							8,78	25,24	36,17	47,17	56,38	66,46	76,29	84,06
4. Incrementos.......								16,46	11,00	10,93	9,21	10,08	9,83	7,77
5. Precip. máx. ajust.							16,46	27,39	38,39	47,60	57,68	67,51	75,28	84,06
6. Tornquist.........	80	83	29896,30	31775,80	11512,8	0,36	2,70	7,52	10,65	14,18	18,28	22,64	25,70	28,83
7. Cabildo..........					9167,6	0,32	1,44	4,41	8,57	13,37	14,40	19,87	22,91	24,99
8. Napostá..........					2800,0	0,12	1,21	2,82	4,48	6,30	7,42	8,34	9,12	10,08
9. G. del Río........					3517,8	0,10	0,36	1,43	2,50	3,21	4,28	5,71	6,07	7,85
10. S. de la Ventana..					1035,0	0,05	0,52	1,55	2,25	2,87	3,19	3,56	4,14	4,56
11. Tres Picos........					356,0	0,01	0,07	0,18	0,30	0,42	0,50	0,61	0,67	0,72
12. Corti............					1507,1	0,04	0,07	0,29	0,66	0,96	1,17	1,54	2,64	2,88
13. Curva de masa....							6,37	18,20	29,41	41,31	49,24	62,27	71,25	79,41
14. Incrementos.......								11,83	11,21	11,90	7,93	13,03	8,98	8,16
15. [illegible]							[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

16. Tres Picos........	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
17. Tornquist.........					8.528,0	0,19	1,42	3,97	5,62	7,48	9,65	11,95	13,56	14,95
18. G. del Río........					7.142,2	0,15	0,53	2,14	3,75	4,81	6,42	8,56	9,10	11,77
19. Corti.............					7.320,2	0,15	0,28	1,09	2,47	3,60	4,41	5,70	9,93	10,80
20. Estomba..........					3310,00	0,10	0,64	1,85	3,11	4,40	5,83	6,18	7,83	8,30
21. Cabildo...........					1492,40	0,04	0,18	0,55	1,07	1,67	1,80	2,48	2,86	3,12
22. Saldungaray......					930,00	0,03	0,45	0,84	1,18	1,51	1,91	1,92	2,22	2,39
23. S. de la Ventana...					434,70	0,02	0,21	0,62	0,89	1,15	1,27	1,42	1,65	1,82
24. Bahía Blanca......					372,60	0,01	0,06	0,18	0,27	0,39	0,46	0,52	0,59	0,66
25. C. de masa........							5,97	16,82	27,66	38,09	46,52	57,73	67,87	76,25
26. Incrementos.......								10,85	10,84	10,43	8,43	11,21	10,14	8,38
27. Precip. máx. ajust..							11,21	21,67	32,12	40,55	50,69	59,07	70,88	76,25
28. Corti.............	70	73	15475,80	91021,70	9042,60	0,53	1,00	3,86	8,74	12,72	15,58	20,45	35,08	38,16
29. Bahía Blanca......					3229,20	0,26	1,58	9,59	7,17	10,19	12,01	18,59	15,39	17,26
30. Tres Picos........					3204,00	0,21	1,49	3,78	6,30	8,86	10,41	12,87	14,04	15,20
31. C. de masa........							4,07	12,73	22,21	31,77	38,00	46,91	64,51	70,62
32. Incrementos.......								8,66	9,48	9,56	6,23	8,91	17,60	6,11
33. Precip. máx. ajust..							17,60	26,51	32,74	42,30	51,78	60,44	66,55	70,62
34. Bahía Blanca......	65	67	12478,30	103.500	8818,20	0,77	4,69	13,93	21,25	30,18	35,57	40,27	45,58	51,12
35. Corti.............					3669,10	0,23	0,43	1,67	3,79	5,52	6,76	8,87	15,22	16,56
36. C. de masa........							5,12	15,60	25,04	35,70	42,33	49,14	60,80	67,68
37. Incrementos......								10,48	9,44	10,66	6,63	6,81	11,66	6,88
38. Prec. máx. ajust...							11,66	18,54	29,02	38,46	49,12	55,75	62,56	67,68

PLANILLA DESARROLLO PROFUNDIDAD AREA-DURACION

Tormenta : Promedio de tormentas máximas

PLANILLA Nº 12

Estación de observación o registro	Isoyeta incluída				Area controlada		Precipitación considerada para tiempo en horas							
	Valor (mm)	Prom. (mm)	Ar. parcial (ha)	Ar. acum. (ha)	Neta (ha)	Prop. (°/o)	6	12	18	24	30	36	42	48
1. Tornquist.........	85	87	1879,50	1879,50	1279,20	0,57	4,27	11,91	16,87	22,45	28,95	35,85	40,69	44,85
2. S. de la Ventana...					600,30	0,43	4,51	13,33	19,30	24,72	27,43	30,61	35,60	39,21
3. Curva de masa							8,78	25,24	36,17	47,17	56,38	66,46	76,29	84,06
4. Incrementos.......								16,46	11,00	10,93	9,21	10,08	9,83	7,77
5. Precip. máx. ajust.							16,46	27,39	38,39	47,60	57,68	67,51	75,28	84,06
6. Tornquist.........	80	83	29896,30	31775,80	11512,8	0,36	2,70	7,52	10,65	14,18	18,28	22,64	25,70	28.83
7. Cabildo					9167,6	0,32	1,44	4,41	8,57	13,37	14,40	19,87	22,91	24,99
8. Napostá					2800,0	0,12	1,21	2,82	4,48	6.30	7,42	8,34	9,12	10,08
9. G. del Río........					3517,8	0,10	0,36	1,43	2,50	3,21	4,28	5,71	6,07	7,85
10. S. de la Ventana ..					1035,0	0,05	0,52	1,55	2,25	2.87	3,19	3,56	4,14	4,56
11. Tres Picos					356,0	0,01	0,07	0,18	0,30	0,42	0,50	0,61	0,67	0.72
12. Corti.............					1507,1	0,04	0,07	0,29	0,66	0,96	1,17	1,54	2,64	2,88
13. Curva de masa....							6,37	18,20	29,41	41,31	49,24	62,27	71,25	79,41
14. Incrementos.......								11,83	11,21	11,90	7,93	13,03	8,98	8,16
15. Precip. máx. ajust..							13,03	24,93	36,76	47,97	55,90	64,88	73,04	79,41
16. Tres Picos	75	77	43770,1	75545,90	14240,0	0,31	2,20	5,58	9,30	13,08	15,37	19,00	20,73	22,44
17. Tornquist.........					8.528,0	0,19	1,42	3,97	5,62	7,48	9,65	11,95	13,56	14,95
18. G. del Río					7.142,2	0,15	0,53	2,14	3,75	4,81	6,42	8,56	9,10	11,77
19. Corti.............					7.320,2	0,15	0,28	1,09	2,47	3,60	4,41	5,70	9,93	10,80
20. Estomba					3310,00	0,10	0,64	1,85	3,11	4,40	5,83	6,18	7,83	8,30
21. Cabildo...........					1492,40	0,04	0,18	0,55	1,07	1,67	1,80	2,48	2,86	3,12
22. Saldungaray					930,00	0,03	0,45	0,84	1,18	1,51	1,91	1,92	2,22	2,39
23. S. de la Ventana...					434,70	0,02	0,21	0,62	0,89	1,15	1,27	1,42	1,65	1,82
24. Bahía Blanca......					372,60	0,01	0,06	0,18	0,27	0,39	0,46	0,52	0,59	0,66
25. C. de masa........							5,97	16,82	27,66	38,09	46,52	57,73	67,87	76,25
26. Incrementos.......								10,85	10,84	10,43	8,43	11,21	10,14	8,38
27. Precip. máx. ajust..							11,21	21,67	32,12	40,55	50,69	59,07	70,88	76,25
28. Corti.............	70	73	15475,80	91021,70	9042,60	0,53	1,00	3,86	8,74	12,72	15,58	20,45	35,08	38,16
29. Bahía Blanca......					3229,20	0,26	1,58	9,59	7,17	10,19	12,01	18,59	15,39	17,26
30. Tres Picos					3204,00	0,21	1,49	3,78	6,30	8,86	10,41	12,87	14,04	15,20
31. C. de masa........							4,07	12,73	22,21	31,77	38,00	46,91	64,51	70,62
32. Incrementos.......								8,66	9,48	9,56	6,23	8,91	17,60	6,11
33. Precip. máx. ajust..							17,60	26,51	32,74	42,30	51,78	60,44	66,55	70,62
34. Bahía Blanca......	65	67	12478,30	103.500	8818,20	0,77	4,69	13,93	21,25	30,18	35,57	40,27	45,58	51,12
35. Corti.............					3669,10	0,23	0,43	1,67	3,79	5,52	6,76	8,87	15,22	16,56
36. C. de masa........							5,12	15,60	25,04	35,70	42,33	49,14	60,80	67,68
37. Incrementos.								10,48	9,44	10,66	6,63	6,81	11,66	6,[illegible]8
38. Prec. máx. ajust...							11,66	18,54	29,02	38,46	49,12	55,75	62,56	67,68

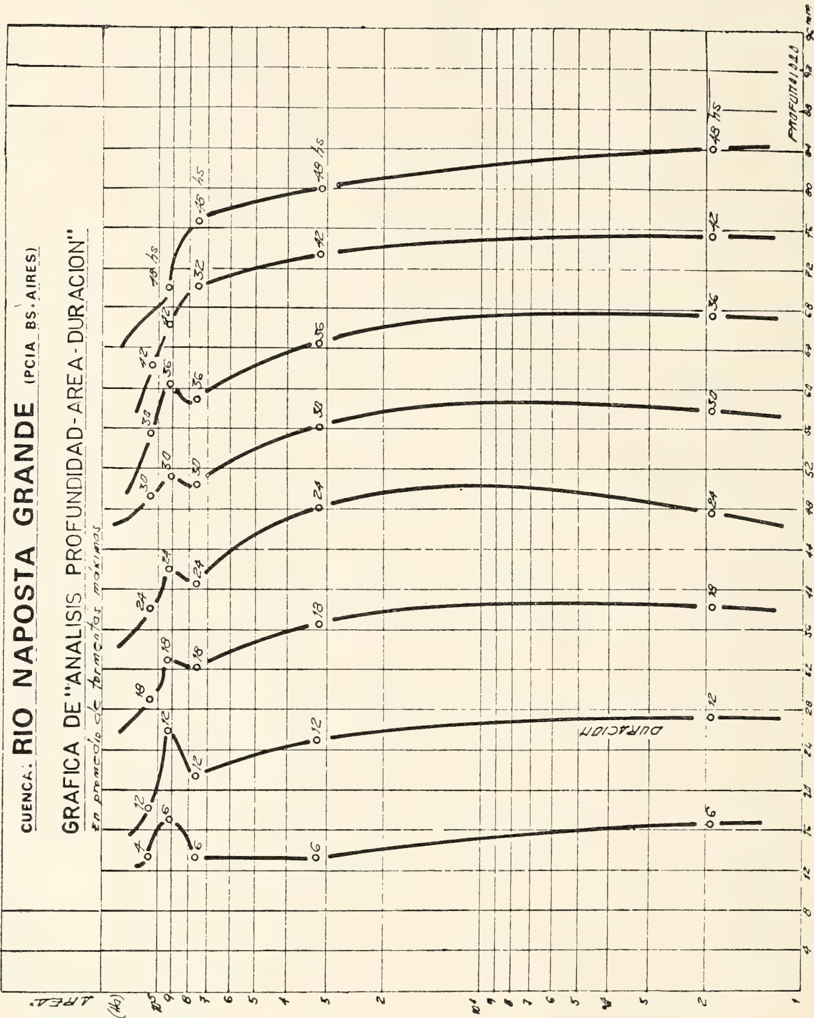

CUENCA: RIO NAPOSTA GRANDE (PCIA. BS. AIRES)
GRAFICA DE "ANALISIS PROFUNDIDAD-AREA-DURACION"
en promedio de tormentas máximas
PROFUNDIDAD
DURACION
AREA

Gráfico 11

Finalmente se obtiene, graficando los datos anteriormente obtenidos mediante el procedimiento "P.A.D.", las curvas de Profundidad-Area-Duración" que se muestran en el gráfico 11.

Ello nos permite a su vez establecer la relación de "Profundidad-Duración" para diferentes áreas, lo que se consigna en la planilla 13 que se adjunta, siempre para el promedio de tormentas máximas.

De tal modo se ha presentado un análisis progresivo de precipitaciones máximas para el área de la cuenca del río Napostá Grande, dentro de un período considerado y para diferentes duraciones.

IV. CONCLUSIONES

Del análisis efectuado, se desprende que para una cuenca como la aquí estudiada, desde el punto de vista hidrometeorológico, puede presentarse precipitaciones máximas unitarias para 24 horas, superiores a los 120 mm (máximo "maximorum" para Bahía Blanca en este intervalo, 128 mm el 7 - 8 de abril de 1944). En un lapso de 48 horas, esta precipitación máxima alcanzaría un valor excepcional, superior a los 180 mm.

Debe tenerse bien presente que se está hablando de valores puntuales que corresponden a la mayor tormenta o precipitación registrada en localidades de la cuenca, para un período de 25 años de registro.

Un análisis de las lluvias máximas extremas ocurridas en las diferentes localidades estudiadas se muestra en la planilla o cuadro 14.

Con relación a la extensión e incidencia de las precipitaciones sobre el área, para diferentes duraciones, cabe mencionar de acuerdo al análisis efectuado, las siguientes conclusiones.

Asumiendo áreas globales de la cuenca, a partir de las 2,000 ha hasta las 100.000 ha aproximadas, se ha consignado en el cuadro 13 los valores probables de precipitaciones máximas medias, para diferentes intervalos de duración, situados entre 6 a 48 horas.

Se constata así, por ejemplo, que para 24 horas de duración de la tormenta es posible esperar alrededor de 50 mm en 10.000 ha, cifra que se reduce a 39 ó 40 mm entre 50.000 a 100.000 ha.

Con relación a la precipitación en un rango de 48 horas, los valores máximos medios esperados fluctúan entre 84 mm para 2.000 ha, 78 mm para 50.000 ha y alrededor de 68 mm para 100.000 ha de la cuenca.

RELACION PROFUNDIDAD-AREA-DURACION PARA DIFERENTES AREAS DE LA CUENCA

Análisis : Promedio de tormentas
Cuenca : Río Napostá Grande

PLANILLA Nº 13

Area considerada (Ha)	Valores de precipitación, en milímetros, según análisis para:							
	6 hs	12 hs	18 hs	24 hs	30 hs	36 hs	42 hs	48 hs
2.000.................	16,4	27,2	37,9	47,3	58,1	67,2	75,3	84,00
5.000.................	15,8	26,9	38,00	48,8	58,8	67,1	75,1	83,00
10.000.................	15,0	25,8	38,1	50,8	59,0	66,8	74,0	81,8
25.000.................	13,8	25,3	37,0	48,8	57,0	65,2	73,3	80,3
50.000.................	13,0	23,4	34,0	45,2	53,3	62,0	71,8	78,1
75.000.................	13,0	21,5	32,0	40,3	49,9	58,7	70,0	76,2
100.000.................	15,0	20,3	29,7	39,0	49,5	57,5	63,0	67,9

LLUVIAS MAXIMAS EXTREMAS PARA LA ZONA SUR DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES
EN DIFERENTES DURACIONES

Hasta: 48 horas

Para n: 25 años (1944/1969)

PLANILLA Nº 14

Localidad	Precipitaciones máximas, en milímetros, para una duración de :								
	6 hs	12 hs	18 hs	24 hs	30 hs	36 hs	42 hs	48 hs	Corresp. a tormenta :
1. Alférez San Martín..	8	17	28	44	67	95	130	155	4-5-6 febrero de 1945
2. Bahía Blanca.......	30	90	102	128	135	149	157	160	7-8-9 abril de 1944
3. Cabildo............	10	30	52	69	81	110	145	155	7-8-9 abril de 1944
4. Corti..............									
5. Estomba...........	29	58	85	98	115	136	161	185	7-8-9 abril de 1944
6. García del Río......									
7. Napostá............	60	95	106	119	132	141	149	157	7-8-9 abril de 1944
8. Saldungaray........	27	29	57	71	89	95	112	124	14-15-16 marzo de 1953
9. S. de la Ventana....	26	31	62	89	97	106	121	135	14-15-16 marzo de 1953
10. Tornquist..........	40	71	89	110	125	149	158	164	7-8-9 abril de 1944
11. Tres Picos	30	65	85	97	110	135	140	146	7-8-9 abril de 1944

Como éste, otros análisis similares pueden llevarse a cabo en función de los datos obtenidos para las precipitaciones o tormentas procesadas.

BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA

1. CEPAL-CFI (1969). *Los recursos hidráulicos de Argentina.* (7 tomos). Buenos Aires.
2. Paulhus, J. L. and Gilman, C. S. (1953). *Evaluation of probable maximum precipitation.* Transactions of Am. Geophysical Union. Vol. 34. N° 5.
3. Maksoud, H. (1957). *Caracteristicas funcionais e fisicas das bacias fluviais.* Rev. do Clube de Engenharia. R. de Janeiro.
4. Linsley, R. K., Kohler, M. A. and Paulhus, J. L. (1958). *Hydrology for engineers.* Mc Graw-Hill Book and Company. Inc. New York, USA.
5. Universidad de Oriente. Ministerio de Obras Públicas (1967). *Apuntes y notas sumarias.* J. Luque. Primer Curso de Post-grado en Ingeniería de Superficie. Barcelona, Venezuela.
6. Linsley, R. K., Kohler, M. A. and Paulhus, J. L. (1949). *Applied hydrology.* Mc Graw-Hill, New York, USA.
7. Linsley, R. K. and Franzini, J. B. (1964). *Water resources engineering.* Mc Graw-Hill, New York, USA.
8. Byers, H. R. (1944). *General meteorology.* Mc Graw-Hil, USA.
9. Meinzer, O. E. (1949). *Hydrology.* Reprinted Dover Publications. N.Y., USA.
10. Wisler, C. O. and Brater, E. F. (1949). *Hydrology.* Wiley, New York, USA.
11. U.S.D.I. Bureau of Reclamation (1966). *Diseño de presas pequeñas.* Trad. de « design of small dams ». Comp. Edit. Continental, México.
12. U.S.D.A., S.C.S. Nat. Engin. Handbook. *Hydrology guide for use in watershed planning,* USA.
13. M.O.P., Dir. O.P. Div. de Hidrometeorología (1966). *Hidrogramas unitarios de ríos de Venezuela.* Caracas, Venezuela.
14. — (1966). *Medición indirecta de crecientes.* Caracas, Venezuela.
15. — (1966). *Transcripción del método de C. O. Clark para estimación de crecientes.* Caracas, Venezuela.
16. Luque, Jorge A. (1967). *Caracterización estadística del río Colorado con fines de riego.* C.E.C.I.R.N.A., Un. Nac. del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
17. — (1969). *Técnicas de programación y análisis en ingeniería.* Ed. Riagro.
18. United Nations (1967). *The use and interpretation of hydrologic data.* Water Resources Series N° 34.

FENOMENOS REPRODUCTIVOS EN EL PEJERREY («BASILICHTHYS BONARIENSIS»)

III) ESTUDIO DE LA FECUNDIDAD, EPOCA Y NUMERO DE DESOVES

POR JORGE CALVO [1] Y ELBA R. MORRICONI [2]

RESUMEN

Por medio de contajes de ovas en ovarios en diferentes estados de madurez es establecido el porcentaje de las distintas camadas de ellas. Cada camada es caracterizada por el diámetro y estructura de las ovas. La Longitud Standard (Lg St) de las hembras maduras es relacionada con el número del grupo más avanzado de ovas. En las hembras maduras se encuentran dos picos del Indice Gonadal, uno en setiembre y otro, más pequeño, en febrero.

La relación número de ovas/Lg Standard es 107,17 ovas/cm en setiembre-octubre, cayendo a 33,44 ovas/cm en febrero-abril. Al mismo tiempo los ovarios pasan de tener dos camadas intermedias de ovas a tener sólo una, que será reabsorbida a fines de otoño. A fines de primavera se encuentran gran cantidad de hembras que presentan ovas residuales de un desove anterior y que comienzan una nueva maduración.

Los resultados muestran que :

1) El pejerrey (*B. bonariensis*) de Chascomús muestra un período reproductivo intenso en primavera y otro menor en otoño.

2) En la freza primaveral está involucrada la casi totalidad de las hembras (más del 90 %) ; de éstas la mitad aproximadamente vuelve a desovar en otoño.

3) Una parte considerable de la población desova dos veces durante la primavera.

[1] Becario del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

[2] Becaria de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

SUMMARY

By means of the counts of ova in ovaries of different stages of maturity it is stablished the percent of several batches of them.

Each batch is characterized by the diameter and structure of the ova. The Standard Length of the spawning female is related with the number of more advanced group of ova.

In the spawning female are founded two peaks of the Gonadal Index, one in setember and another, smaller, in february.

The relation number of ova/Standard Length is 107,17 ovas/cm in setember-october, falling to 33,44 ovas/cm in february-april. At the same time the ovaries having two intermediate batches of ova undergo the loss of one batch, which will be reabsorbed at the end of the autumn.

At the end of the spring were available a great percent of females with ovas remmants of a previous spawning which are starting a new maturation.

The results showed that:

1) The silverside (*B. bonariensis*) of Chascomús shows high spawning activity in spring and low in autumn.

2) A great percent of the fishable population spawns two times in spring.

3) In the spring spawning is involved nearly all the females (more than 90 °/₀) and approximately one half of this population spawns again in autumn.

INTRODUCCION

El estudio del ciclo biológico de los peces que sufren activa extracción comercial y deportiva reviste gran importancia, pues su explotación racional sólo puede ser factible con pleno conocimiento del potencial reproductivo de cada especie.

En este trabajo damos a conocer la relación existente entre la fecundidad y la edad, el número y época de los desoves y algunos aspectos del desarrollo gonadal.

Algunos datos aquí utilizados provienen de estudios previos realizados por los autores durante el transcurso del Convenio Estudio Riqueza Ictícola (Consejo Federal de Inversiones - Pcia. de Buenos Aires) en el que se desempeñaron como técnicos.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron pejerreyes (Basilichthys bonariensis) provenientes de pescas semanales realizadas en la Laguna de Chascomús entre mayo 1965 y marzo 1969 por medio de redes de enmalle o transmallo. Se determinó la longitud desde el hocico a la última vértebra (Lg *St*) y el peso total. Posteriormente se extrajeron los ovarios transportándoselos en solución fisiológica 0,9 % enfriada hasta el Laboratorio de Histología de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Plata, donde fueron pesados, tomándose luego una pequeña porción del extremo cefálico y otra del extremo caudal en las que se determinó el porcentaje de las distintas camadas de ovas; calculándose por gravimetría el número de ovas maduras en los ovarios completamente maduros.

La determinación del grado de madurez de los ovarios fue realizada siguiendo la clasificación propuesta por Calvo y Dadone (1970). Para establecer el diámetro de las ovas se tomaron dos porciones de éstas, una del extremo cefálico y otra del extremo caudal del ovario, midiéndose alrededor de 200, con una aproximación de 0,00235 mm. Se utilizaron 88 animales maduros.

La relación Lg*St*-Nº de ovas se estableció en 116 animales maduros capturados entre 1965 y 1968.

Los valores del Indice Gonadal ($IG = \text{Peso Gonada}/Lg\ St^3 \times 10^7$) de hembras en estadio V (Freza) correspondientes al período agosto 1965-abril 1968, se establecieron en 123 animales.

TABLA 1

Primavera 1965....	Activos:	92,59 %	n = 272	Hembras
	Inactivos:	7,41 »		
Primavera 1967....	Activos:	94,36 »	n = 78	Hembras
	Inactivos:	5,63 »		
Otoño 1966........	Activos:	41,45 »	n = 276	Hembras
	Inactivos:	58,55 »		

Activos: estadios III, IV, V, VI-III y VI-IV, es decir, animales en maduración, próximos a desovar, recientemente desovados, o que luego del desove, comienzan una nueva maduración.

Inactivos: Estadios II, VII y VII-II (reposo, regresión y la transición entre ambos).

Los porcentajes de hembras en maduración/regresión (activas/inactivas), con un total de 626 ejemplares, fueron calculados en los períodos que se consignan en la Tabla 1 por representar los muestreos más regulares.

El estudio de la composición porcentual de las camadas de ovocitos se realizó entre febrero 1968 - febrero 1969 en 172 hembras.

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

1) *Estudio de la fecundidad*

La relación existente entre el número de ovas maduras y la Lg St del pez puede ser expresada matemáticamente como

$$Y = \bar{y} + b\,(x - \bar{x}) \text{ donde}$$

Y = Nº de ovas calculadas,

$\bar{y}$ = Nº de ovas promedio,

x = Lg St problema,

$\bar{x}$ = Lg St promedio,

b = Coeficiente de regresión o pendiente de la recta. Indica en este caso el aumento del número de ovas por aumento de un centímetro de la Lg St.

El promedio de los datos utilizados arroja un valor de 82,71 ovas/cm (P 0,001), si se discriminan por época de pesca se encuentra que el valor de b disminuye a medida que transcurre el desove (Gráfico 1), a saber:

Setiembre - octubre; b = 107,17 ovas/cm; P 0,001
Noviembre - diciembre; b = 47,68 ovas/cm; P 0,05
Febrero - abril; b = 33,44 ovas/cm; P 0,01.

Juntamente con esta disminución del contenido de ovas maduras se observa también un descenso del IG de las hembras maduras que llega a un mínimo en diciembre, elevándose nuevamente en febrero-abril (Gráfico 2).

El diámetro promedio de las ovas maduras de los ovarios V (freza) muestra variaciones semejantes al IG (Gráfico 2).

El análisis de la composición por tamaños de las hembras maduras indica que las clases de menor tamaño desovan a principios de

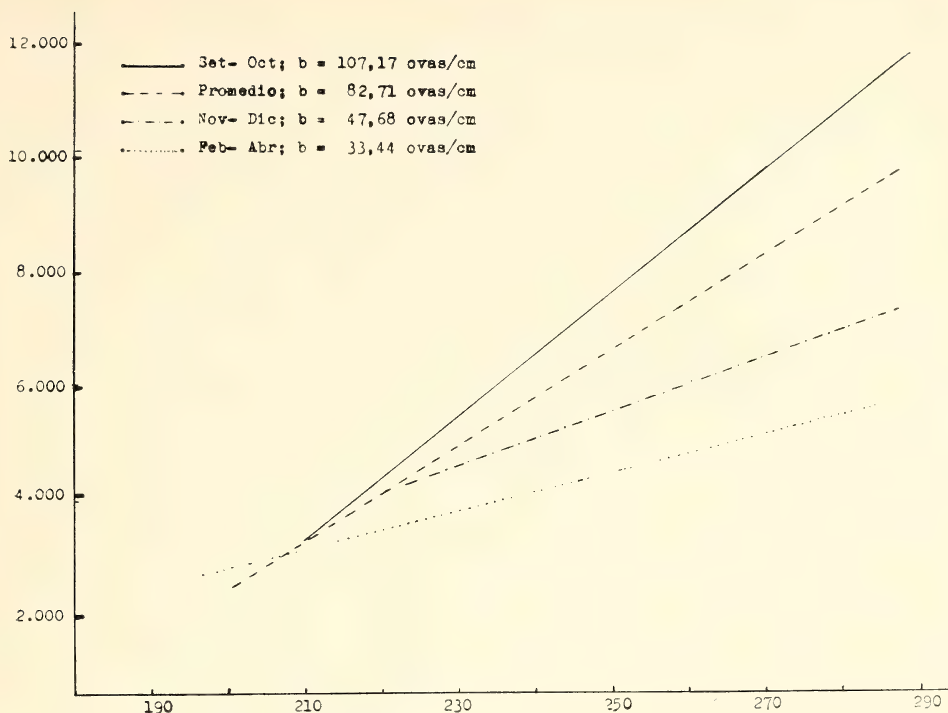


Gráfico 1. — Rectas de regresión del número de ovas/longitud standard. (Se observa un progresivo descenso de los valores de *b* a medida que transcurre el desove)

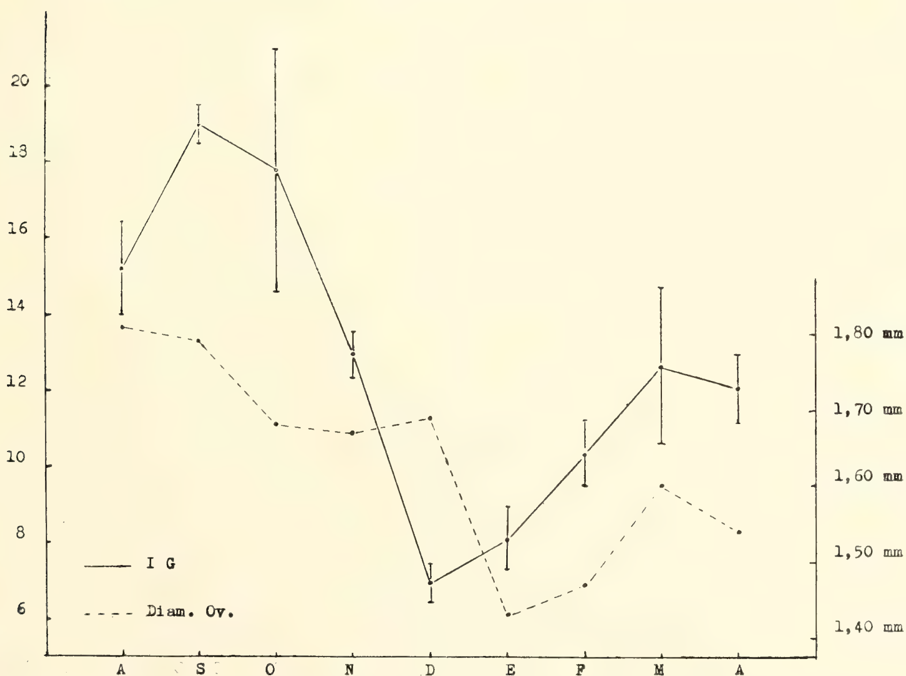


Gráfico 2. — Valores mensuales del Indice Gonadal (I G) de hembras maduras y del diámetro de las ovas mayores de ovarios maduros. (El error standard del diáme tro de las ovas no se consigna por ser en todos los casos menor que 0,002.

la primavera, debiéndose descartar que el descenso del IG, diámetro y número de las ovas se deba a la maduración de hembras de menor tamaño.

2) *Frecuencias de las camadas de ovas*

Microscópicamente se pueden diferenciar en el ovario del pejerrey distintas camadas de ovocitos que varían en tamaño, estructura y aspecto. En cada estadio ovárico hay dos, tres o cuatro camadas simultáneamente (Gráfico 3).

Las principales características de las distintas camadas, de acuerdo a los resultados de Calvo y Dadone (1970), son:

a) Ovogonias sin vitelo, menores de 0,30 mm.
b) Ovocitos con un pequeño anillo vitelino rodeando al núcleo, con un diámetro de 0,30 a 0,58 mm.
c) Ovocitos con características intermedias entre las dos camadas que se encuentran en los estadios II (0,58-0,70 mm).
d) Ovocitos amarillentos con una ancha banda perinuclear oscura (0,70 - 0,82 mm).
e) Ovocitos opacos con un delgado halo periférico translúcido (0,82 - 1,17 mm).
f) Ovocitos similares a los descriptos en *e*) pero de menor tamaño (0,58 - 0,82 mm).
g) Ovocitos de aspecto intermedio entre las descriptas en *c*) y *e*), su tamaño oscila entre 0,70 - 0,94 mm.
h) Ovas translúcidas con gotitas de aceite dispersas en el citoplasma, filamentos coriónicos libres (1,52 - 1,88 mm).
i) Ovas translúcidas, con gotitas de aceite reunidas en grupo, donde se destacan una o dos mayores (1,52 - 1,88 mm).

Los ovarios en estadio III (en maduración) pueden contener tres camadas de ovocitos (Gráfico 3; III A) o solamente dos camadas (ídem; III B), en este último caso la camada intermedia parece integrarse a la mayor.

En el estadio V (Freza) es posible distinguir ovarios con tres aspectos diferentes (Gráfico 3; V A, B y C), correspondiendo cada uno a una determinada época del desove. En el tipo A (Setiembre - octubre) la camada inferior llega a su mínima expresión probablemente debido a que es el único momento en que se diferencian dos camadas intermedias que, obviamente, proceden de ella.

En el tipo B (noviembre-diciembre) está ausente la camada intermedia de 0,70 a 0,94 mm, de lo que se desprende que no habrá una recuperación ovárica tan rápida como la de principios de primavera; por otro lado la camada intermedia de 0,58 a 0,70 mm tiene aproximadamente el mismo valor (20 %) que la camada máxima de febrero.

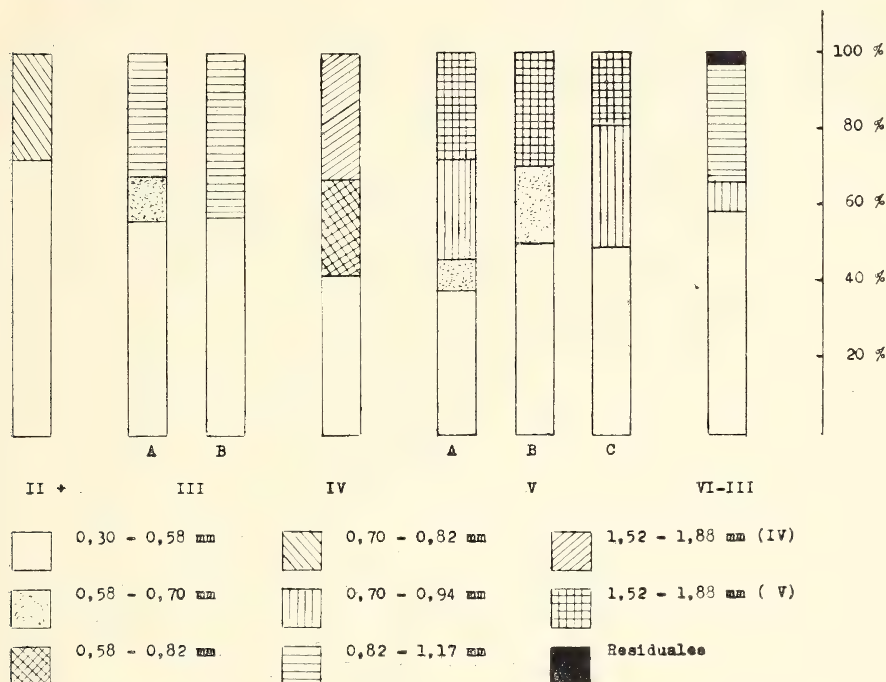


Gráfico 3. — Composición porcentual de los ovarios de distintos estadios. (No se representan las ovogonias sin vitelo)

La situación descripta es opuesta a la que se encuentra en otoño (Gráfico 3; V C); donde falta la primera camada intermedia y la segunda entrará, a fines del desove otoñal, en regresión. El análisis de las camadas ovocitarias presentes en los ovarios maduros puede aportar interesantes indicios para decidir sobre la existencia de múltiples o bien de un único desove por estación de freza, ya que la distribución de las camadas ovocitarias puede reducirse a cuatro modelos fundamentales (Mac Gregor, 1970):

1) Distribución bimodal (o multimodal) de ovas, el desove del grupo mayor es seguido por el desarrollo y posterior freza de uno

o más grupos adicionales derivados de la (o las) camadas intermedias. Este caso se presenta en Leurestes tenuis (Clark, 1925) y en Sardinops caerulea (Clark, 1934).

2) Una distribución bimodal de ovocitos en la que el grupo más avanzado es frezado y la camada intermedia es reabsorbida. Este comportamiento se encuentra en Merluccius productus (Mac Gregor 1966).

3) Distribución unimodal de ovocitos que serán desovados en una freza única. Una actividad de este tipo es mostrada por Taleichthys pacificus (Hart and Mc Hugh, 1944) y Clupea pallasi (Mac Gregor, 1957).

4) Distribución unimodal de ovocitos que son frezados poco antes o poco después que una segunda camada se desarrolle de la reserva de ovocitos no vitelados. En este último caso la distribución bimodal se hace presente pero sólo cuando la camada mayor está lista o casi lista para ser desovada.

Además, hay que tener en cuenta que los peces pueden reabsorber los ovocitos de una camada si las condiciones ambientales u otros estímulos externos no se hacen presentes con intensidad suficiente como para provocar el desove.

Las observaciones que nos sugieren la existencia de desoves múltiples en Basilichthys bonariensis son las siguientes:

a) Como es dable observar en el Gráfico 2, el pejerrey muestra dos períodos de actividad sexual, uno muy intenso en primavera y otro, menos notorio en otoño.

b) En los distintos estadios de madurez se aprecia una correlación en el crecimiento de las distintas camadas de ovas (Gráfico 3).

c) Promediando el período primaveral comienzan a encontrarse ovarios recientemente evacuados (con ovas residuales) que presentan signos de recuperación (VI - III; VI - IV), haciéndose éstos numerosos entre octubre y noviembre (Calvo y col., 1967).

d) Para los meses de agosto-setiembre y octubre la relación ovas viteladas pequeñas (0,35 a 0,58 mm) a ovas mayores (0,60 a 1,80 mm) es 37:63 o sea 1:2. Para noviembre-diciembre y también para febrero-abril arroja 1:1 (Gráfico 3), el mantenimiento de la relación 1 : 1 después del primer desove de primavera es indicio de otro desove próximo, pues esta relación

indica el número de desoves que pueden realizarse (Mac Gregor, 1957).

Estos datos nos llevan a incluir a B. bonariensis entre los peces cuyo comportamiento se corresponde con el modelo 1 de Mac Gregor descripto más arriba.

En conclusión:

1) En la freza primaveral está involucrada la casi totalidad de las hembras, como lo muestran los porcentajes que figuran en la Tabla 1.
2) Muchas de las hembras que desovan entre agosto y setiembre, vuelven a frezar entre octubre y diciembre; esto está avalado por el gran número de ovarios que presentando ovas residuales comienzan una nueva maduración a principios de primavera.
3) Como lo demuestran los porcentajes de la Tabla 1, la mayoría de las hembras desovan por lo menos una vez en primavera, posteriormente, en otoño alrededor de la mitad de las hembras frezan nuevamente.

Esto parecería demostrar que la máxima actividad sexual del pejerrey, con producción de ovas mayores y mayor número de éstas para un individuo de cualquier tamaño se encuentra a principios de primavera, decayendo posteriormente al entrar parte de la población en un nuevo desove.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Ricardo A. Bosch la lectura del manuscrito y sus valiosas sugerencias, y a la Licenciada Mirta A. Lagreca su colaboración en la recolección y procesado del material.

BIBLIOGRAFIA

Calvo, J., Morriconi, E. R. y Lagreca, M. A. 1967. *Desarrollo gonadal en peces.* Capítulo XIII del Informe Tercera Etapa del Convenio Estudio Riqueza Ictícola (Consejo Federal de Inversiones, Pcia. de Buenos Aires). Edición mimeografiada de la Dirección de Recursos Pesqueros.

Calvo, J. y Dadone, L. A. 1970. *Fenómenos reproductivos en el pejerrey* (Basilichthys bonariensis). *I) Escala y Tabla de Madurez Sexual.* Rev. Mus. La Plata (En prensa).

Clark, F. N. 1925. *The life history of* Leurestes tenuis, *an atherine fish with tide controlled spawning habits.* Fish. Bull. Nº 10 : 1-51.

— 1934. *Maturity of California sardine* (Sardinops caerulea) *determined by ova diameter measurements.* Fish. Bull. Nº 42 : 1-49.

Hart, J. L. and Mac Hugh, J. 1934. *The smelts* (*Osmeridae of British Columbia*). Fish. Res. Bd. of Canada Bull. *64 :* 101-128.

Mac Gregor, J. 1957. *Fecundity of the Pacific sardine* (Sardinops caerulea). Fish. Bull. of Fish and Wildlife Serv. *121* (57) : 427-449.

— 1966. *Fecundity of the Pacific Hake,* Merluccius productus *Calif.* Fish and Game. *52* (2) : 11-116.

— 1970. *Fecundity, multiple spawning and description of the gonade in Sebastodes.* U.S. Fishw ildl. Spec. Sci. Rep. Fish. *596 :* 1-12.

ESTUDIOS DE AERACION EN LA PRODUCCION DE ALFA AMILASA

Por LUIS ANTONIO MAZZA * y ANTONIO PEDRO BALATTI **
Sección de Biotecnología, Departamento de Tecnología Química
Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata

GINO MORISI ***
Laboratori de Chimica Biologica

RESUMEN

Se estudiaron distintas condiciones de aeración y su influencia en la producción de alfa amilasa en fermentadores de 500 y 3.000 litros de capacidad. Se empleó, una cepa de *Aspergillus niger* y un medio conteniendo sales minerales, harina de soja y almidón de maíz. Los resultados muestran que para las condiciones ensayadas (potencia de agitación 0,5 ; 0,7 y 1,5 wattios/litro) y empleando un medio con 2 °/₀ de harina de soja, al aumentar la potencia de agitación se logra un aumento en la concentración de oxígeno disuelto y de la relación consumo de oxígeno/demanda de oxígeno. Sin embargo los mayores rendimientos enzimáticos (64 USKB/ml) fueron obtenidos empleando una potencia de agitación intermedia (0,7 wattios/litro). Los mismos resultados fueron obtenidos tanto en fermentadores de 500 como de 3.000 litros de capacidad. Mayores niveles enzimáticos (107 USKB/ml) se obtuvieron utilizando un medio con 3 °/₀ de harina de soja pero trabajando a mayor potencia de agitación (1,5 wattios/litro).

ABSTRACT

Aeration conditions on alpha amylase production in large scale fermenter were studied. A strain of *Aspergillus niger* was used. The medium consisted of mineral salts, soya meal and corn starch. The results showed that using a

* Miembro de la Carrera del Investigador Científico. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Buenos Aires.
** Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata.
*** Istituto Superiore di Sanita. Roma. Italia.

power input of 0.5,0.7 and 1.5 watt/lt and employing a media with 2 $^{0}/_{0}$ of soya meal, the increase of the power input raise the dissolved oxygen level and also the oxygen uptake to oxygen demand ratio. Nevertheless the highest concentration of enzyme (64 USKB/ml) was obtained at 0.7 watt/lt. Similar results were obtained using 500 or 3,000 lt fermenters. The higher activity (107 USKB/ml) was achived employing a medium with 3 $^{0}/_{0}$ of soya meal and a power input of 1.5 watt/lt.

INTRODUCCION

El presente es continuación de otros trabajos ya realizados [1, 2] donde se estudió la influencia de la composición del medio de cultivo y forma de crecimiento del *Aspergillus niger* en la producción de alfa amilasa. Con el microorganismo y medios antes utilizados, se estudian distintas condiciones de aeración en relación a la formación de la enzima.

MATERIAL Y METODOS

Microorganismo

Se utilizó una cepa de *Aspergillus niger NRRL 337* la que fue mantenida en forma de esporos en tierra estéril y en el medio N° 1 adicionado del 1,5 % de agar bajo capa de vaselina estéril.

Medios de fermentación

Los medios empleados fueron los siguientes, (g %) : almidón de maíz 2,0; $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$ 0,5; CO_3Ca 0,5; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,1; harina de soja desengrasada 2,0 (Medio N° 1) o 3,0 (medio N° 2). En todos los casos el pH fue ajustado al valor de 7,2 antes de la esterilización.

Inóculo

Los esporos de tierra estéril se pasan a tubos que contienen el medio N° 1 y se colocan en la estufa a 30° C, hasta esporulación total (5-6 días). El contenido de cada tubo se suspende en 3-4 ml de agua destilada estéril y se transfiere a un erlenmeyer de 500 ml que contiene 50 gramos de cebada perlada que ha sido previamente tratada con 5 ml de una solución (asparragina 1 g, glicerina 30 g y agua destilada 1.000 ml) para favorecer la esporulación. Los erlen-

meyers sembrados se colocan en estufa a 30° C hasta esporulación total. Los esporos de un erlenmeyer se suspenden en agua estéril y se transfieren al tanque inóculo. La concentración de esporos en el tanque inóculo resultó del orden de 10^5/ml. Luego de 48 horas de desarrollo se procedió a sembrar el tanque de fermentación. El volumen de inóculo transferido a los tanques de fermentación, en todos los casos, fue del 10 % respecto al volumen de operación. En las experiencias realizadas en frascos agitados se utilizó como inóculo 10 ml de un desarrollo vegetativo de 36 horas de edad.

Determinación de la concentración de oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno disuelto en el medio de fermentación fue medida en forma continua durante el proceso por el método amperométrico indicado por Gualandi y col. ([3]).

Determinación de la demanda de oxígeno

La demanda de oxígeno fue determinada según la técnica manométrica de Warburg. La medida se realizó sobre muestras diluídas 6 veces con el filtrado del medio de fermentación.

Determinación del consumo de oxígeno

El consumo de oxígeno por los microorganismos en el fermentador fue realizado mediante un balance del mismo. Para tal fin se midieron las concentraciones del gas a la entrada y salida del fermentador, utilizando un electrodo con membrana de polietileno ([4]).

Determinación de viscosidad

La viscosidad de los caldos se determinó con un viscosímetro Brookfield, calculando el índice de consistencia K, por el método propuesto por Deindoerfer ([5]).

Potencia de agitación

Para la determinación de la potencia de agitación se utilizó un dinamómetro a resortes tal como ha sido descripto en un trabajo anterior ([6]).

Determinación de alfa amilasa

Para la determinación de la actividad amilolítica se empleó el método de Sandstedt, Kneen and Blish ([7]).

Equipos y condiciones operativas

Las experiencias en recipientes agitados fueron realizadas empleando erlenmeyers de 500 ml de volumen y 100 ml de medio. Los ensayos se efectuaron a 30° C utilizando un agitador rotatorio a 250 r.p.m. y 2,5 cm de excentricidad.

Los inóculos utilizados en los fermentadores fueron desarrollados en tanques agitados de 90 y 500 litros de capacidad con una relación altura de líquido/diámetro del fermentador (H/D) igual a 1,2. Las fermentaciones se efectuaron en tanques de 500 y 3.000 litros de capacidad con 300 y 2.000 lts de medio respectivamente. La potencia de agitación empleada fue de 0,4; 0,7 y 1,5 wattios/litro. La temperatura en todos los ensayos fue de 30° C y el caudal de aire de 1 volumen por volumen de medio y por minuto, con una sobrepresión de una atmósfera.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las primeras experiencias se realizaron en frascos agitados a fin de evaluar la capacidad productora de la cepa. Para ello se utilizaron dos medios que difieren en la concentración de harina de soja (medios N° 1 y 2). Los resultados obtenidos se indican en la tabla I y muestran que para las condiciones ensayadas los niveles enzimáticos alcanzados fueron similares.

TABLA I

Actividad enzimática en experiencias realizadas en erlemeyers de 500 ml con 100 ml de medio

Hora	Medio N° 1 U. S. K. B./ml	Medio N° 2 U. S. K. B./ml
48	23,2	28,6
72	45,6	53,8
96	61,0	64,3
120	61,0	63,2

En las figuras 1, 2 y 3 se han representado los valores promedio de fermentaciones realizadas en tanques de 500 litros de capacidad con 300 litros del medio N° 1 para valores de potencia de agitación

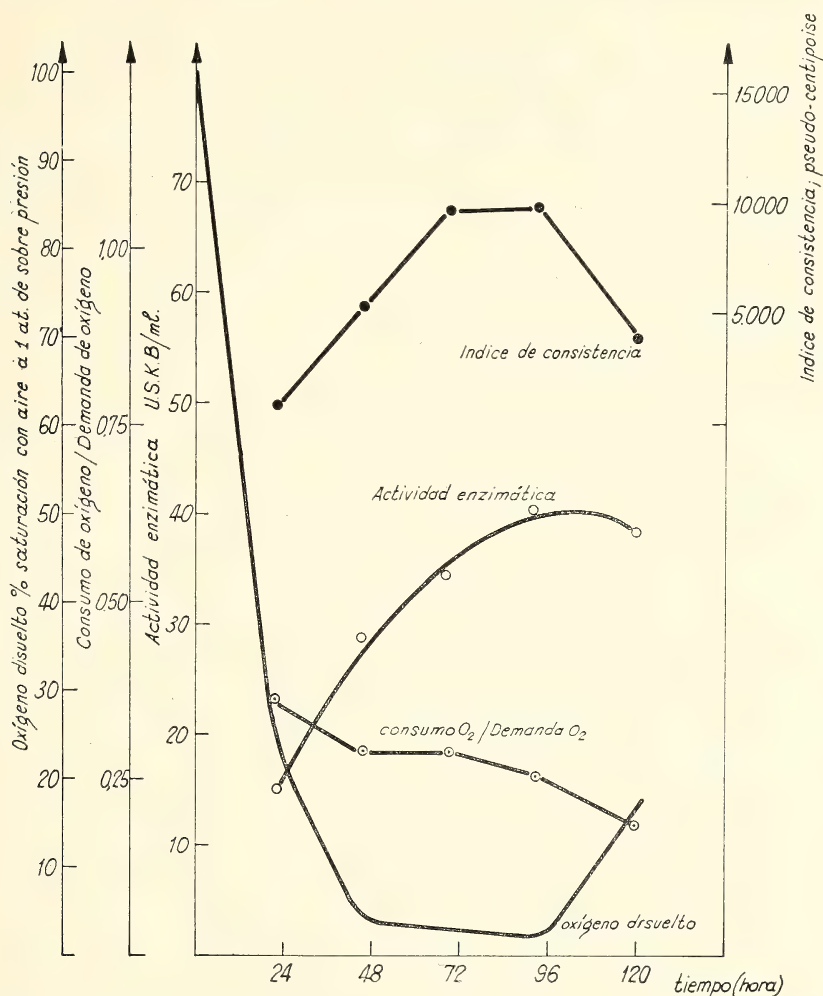


Fig. 1 — Potencia de agitación 0,4 watios/litro. Volumen de operación 300 litros. Peso seco a las 75 horas de proceso 2,5 g/100 ml. Medio nº 1

de 0,4; 0,7 y 1,5 wattios/litro respectivamente. El aumento de potencia de agitación se traduce en un aumento de la concentración de oxígeno disuelto y de la relación consumo de oxígeno/demanda de oxígeno. En dichas experiencias se obtuvieron altos valores de viscosidad, siendo los máximos alcanzados similares para las dis-

tintas condiciones ensayadas. Es interesante destacar que a medida que aumenta la potencia de agitación la caída de viscosidad se produce a menor tiempo de proceso. Este efecto puede atribuirse a

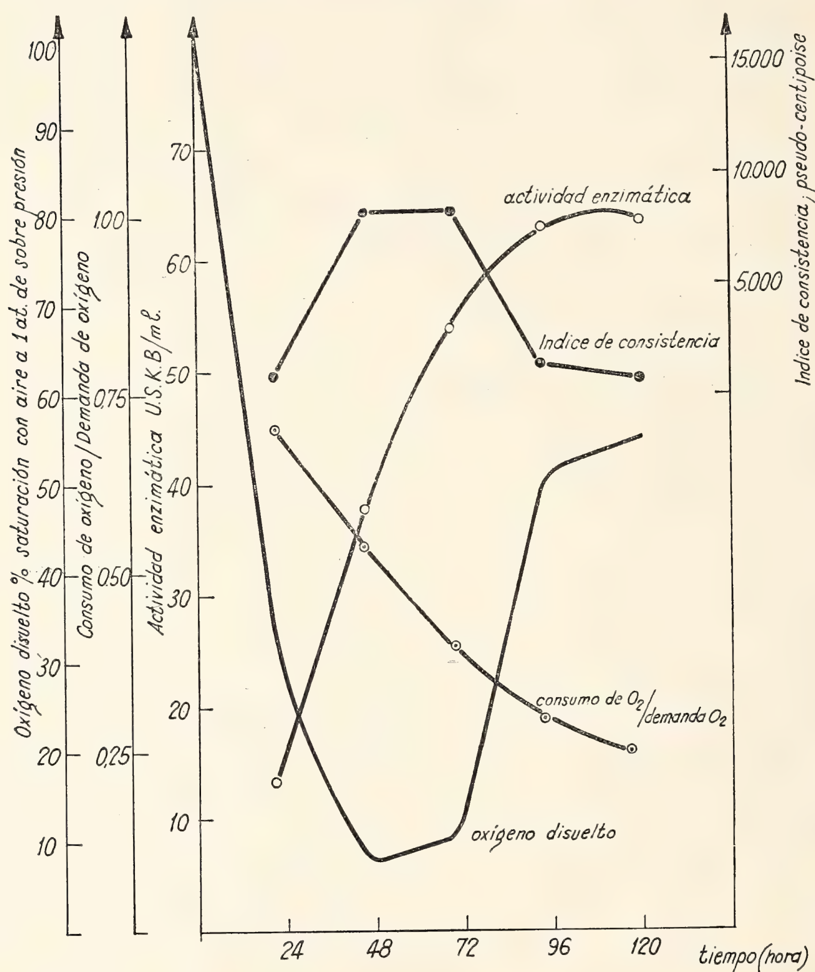
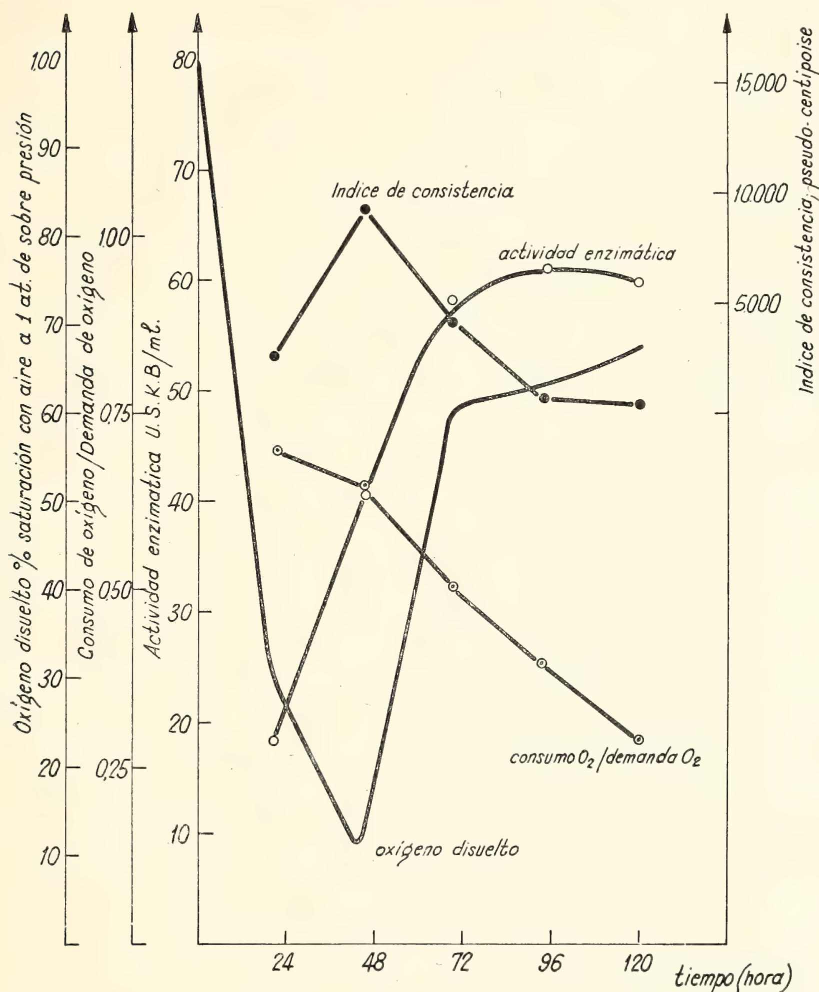


Fig. 2. — Potencia de agitación 0,7 wattios/litro. Volumen de operación 300 litros. Peso seco a las 75 horas de proceso 2,5 g/100 ml. Medio nº 1

la ruptura de la estructura micelial debida a la acción mecánica de las paletas del agitador. De las figuras se desprende la influencia de la viscosidad sobre la concentración de oxígeno disuelto, correspondiendo la mínima concentración a los mayores valores de viscosidad. Comparando la mayor actividad enzimática alcanzada, para

cada una de las condiciones ensayadas, se observa que a 0,7 wattios/litro (figura 2) se obtuvo un aumento del 60 % en la producción de la enzima, respecto a las experiencias realizadas a 0,4 wattios/



Fig, 3- — Potencia de agitación 1,5 wattios/litro. Volumen de operación 300 litros. Peso seco a las 75 horas de proceso 2,4 g|100 ml. Medio nº 1

litro, un mayor aumento en la potencia de agitación no condujo a mayores títulos enzimáticos. Además, comparando las figuras 1, 2 y 3 surge que los menores valores de oxígeno disuelto y de relación consumo de oxígeno/demanda de oxígeno se obtuvieron trabajando a 0,4 wattios/litro, ello indicaría un suministro insuficien-

te de oxígeno como consecuencia de las condiciones de operación y de las propiedades reológicas del caldo. En la figura 3 se observa que para esas condiciones operativas (1,5 wattios/litro) la aera-

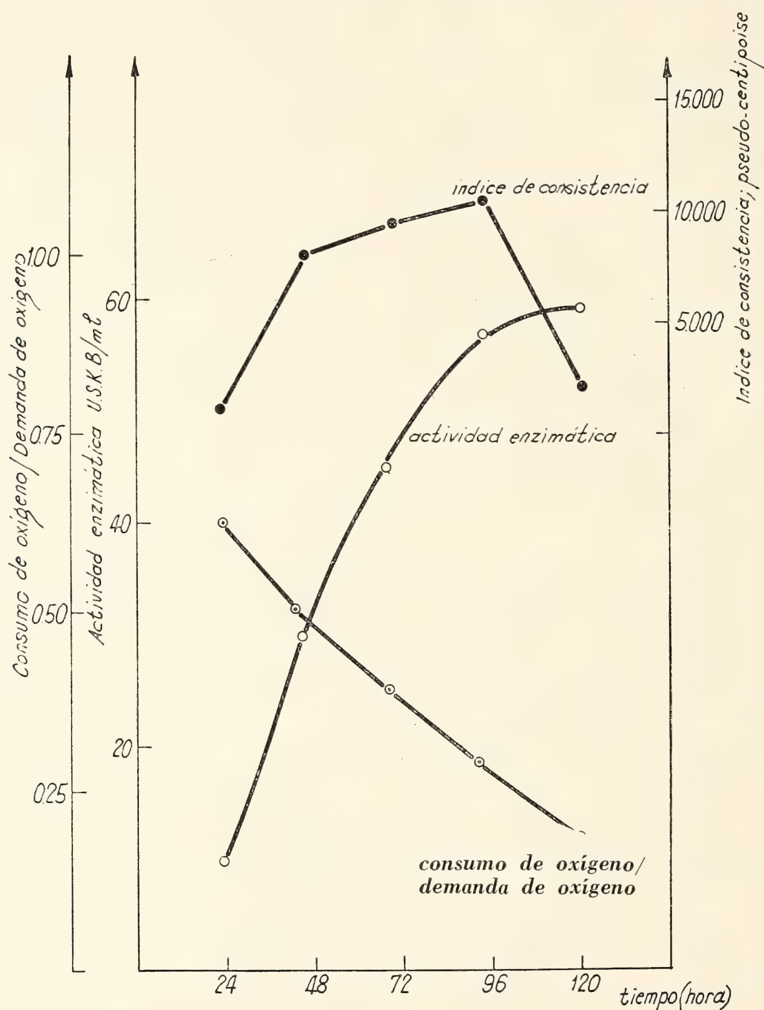


Fig. 4. — Potencia de agitación 0,7 wattios/litro. Volumen de operación 2.000 litros. Peso seco a las 75 horas de proceso 2,6 g/100 ml. Medio nº I

ción fue más eficiente, como se desprende de la concentración de oxígeno disuelto y de la relación consumo de oxígeno/demanda de oxígeno, no obstante los títulos enzimáticos son similares a los valores obtenidos con una potencia de agitación de 0,7 wattios/litro.

Estos resultados indican que trabajando a 0,7 wattios/litro se satisfacen las necesidades de oxígeno del cultivo y que una mayor disponibilidad del mismo no mejora los rendimientos. También se

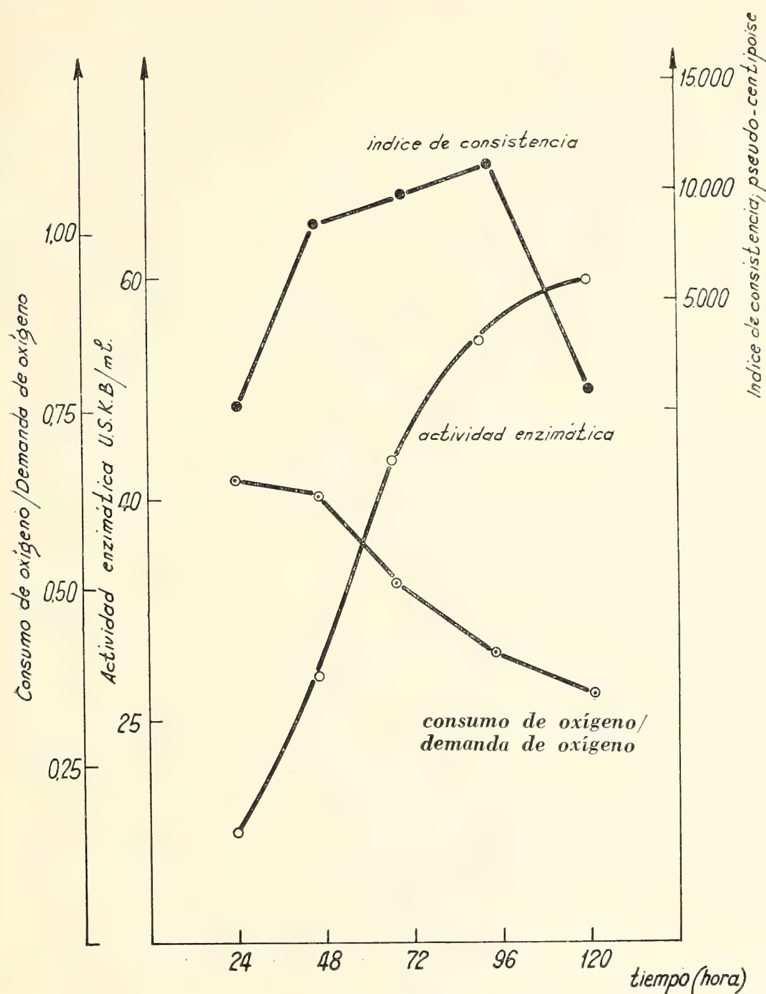


Fig. 5. — Potencia de agitación 1,5 watios/litro. Volumen de operación 2.000 litros. Peso seco a las 75 horas de proceso 2,4 g/100 ml. Medio nº 1

efectuaron experiencias en escala de 3.000 litros operando con el mismo medio N° 1 y con valores de potencia de agitación de 0,7 y 1,5 wattios/litro. Los resultados obtenidos se observan en las figuras 4 y 5 y son muy similares a los alcanzados en fermentadores de 500 litros. Es decir, que el cambio de escala de 500 a 3.000 litros,

empleando como criterio la potencia utilizada por unidad de volumen, resulta efectivo para este proceso. Posteriormente se realizaron experiencias con el medio N° 2 con mayor concentración de

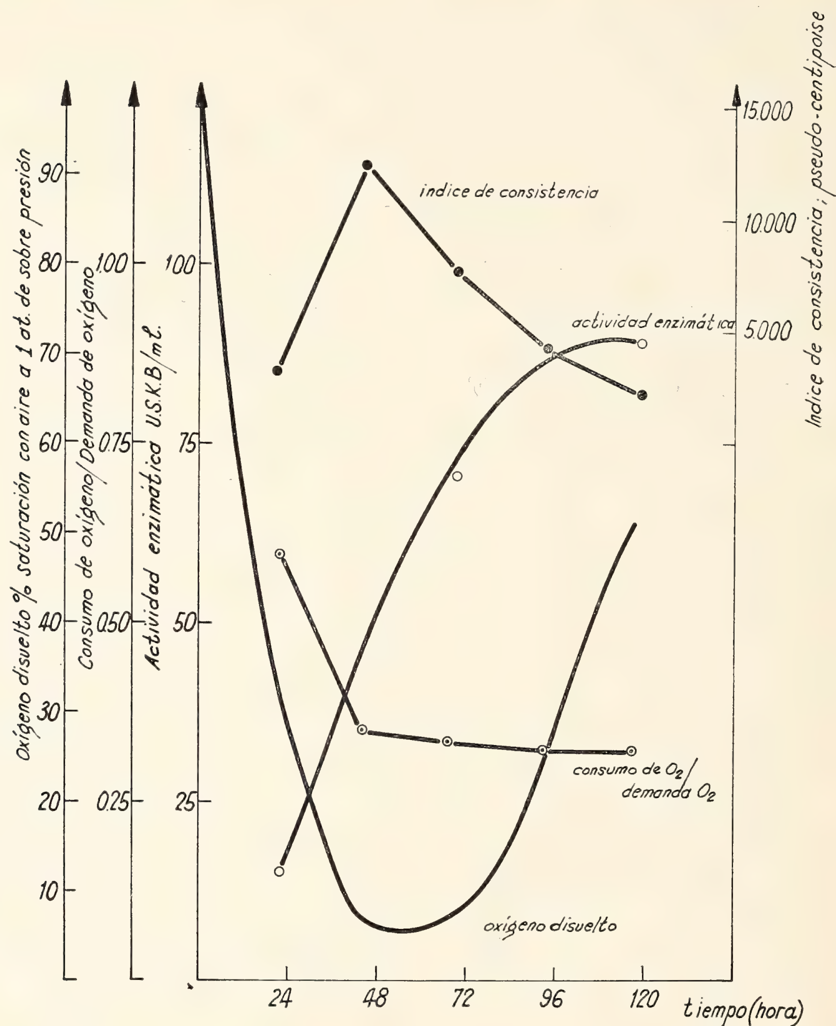


Fig. 6. — Potencia de agitación 0,7 wattios/litro. Volumen de operación 300 litros. Peso seco a las 75 horas de proceso 2,8 g/100 ml. Medio nº 2

soja en condiciones operativas similares a las estudiadas con el medio N° 1 para las que se obtuvieron los mayores títulos enzimáticos (0,7 y 1,5 wattios/litro). Las actividades enzimáticas obtenidas en estas condiciones son sensiblemente mayores que las alcanzadas con

el medio N° 1 y además la mayor concentración de la enzima (107 USKB/ml) se obtuvo para la mayor potencia de agitación empleada. Esto demostraría que la producción de la enzima con el medio

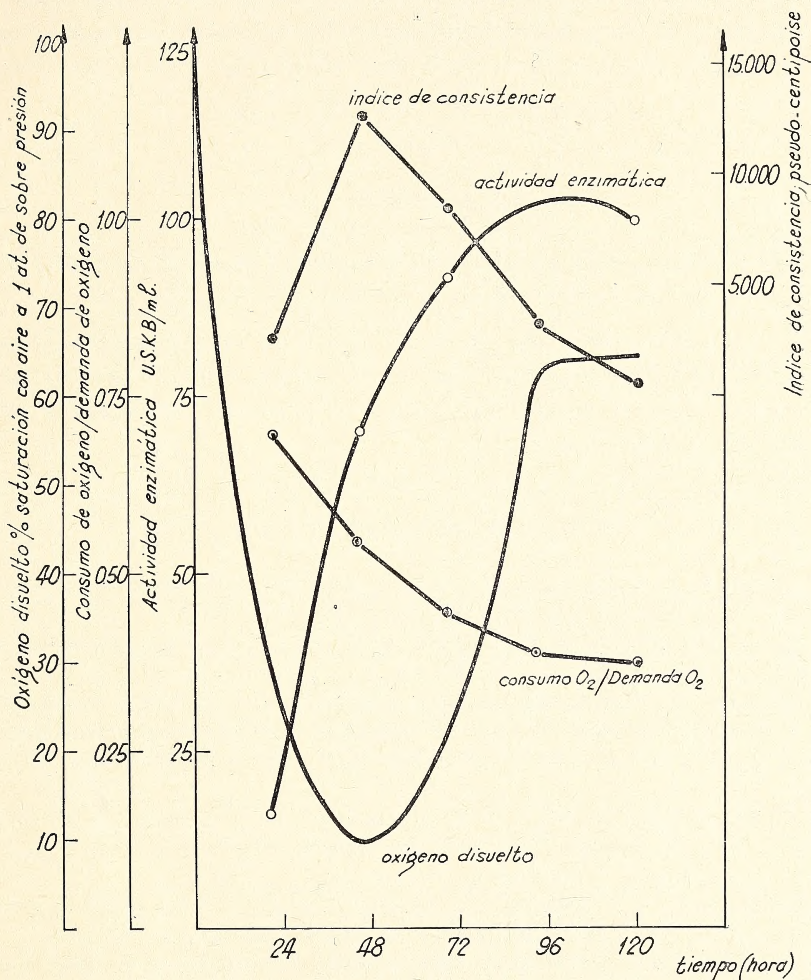


Fig. 7. — Potencia de agitación 1,5 wattios/litro. Volumen de operación 300 litros. Peso seco a las 75 horas de proceso 2,6 g/100 ml. Medio n° 2

N° 1, en igualdad de condiciones operativas estaría limitada por la composición del medio, lo cual no fue observado cuando se trabajó en erlenmeyers agitados (Tabla I) donde la concentración enzimática alcanzó valores semejantes. Este comportamiento puede

atribuirse a las condiciones de aeración de los frascos agitados como factor limitante de la formación de la enzima. Las figuras 6 y 7, muestran también, que los valores de oxígeno disuelto y de relación consumo de oxígeno/demanda de oxígeno fueron más elevados cuando la potencia de agitación fue mayor. Las mejores condiciones de aireación obtenidas a 1,5 wattios/litro explicarían los mayores rendimientos enzimáticos alcanzados con el medio N° 2.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Dra. R. Catanzaro por su colaboración en las determinaciones de demanda celular.

El presente trabajo fue realizado mediante el apoyo económico recibido de: Istituto Superiores di Sanita de Roma, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y Embajada de Italia en la Argentina.

BIBLIOGRAFIA

1. Balatti, A. P., Mazza, L. A. y Cuevas, C. 1966. *Obtención de enzimas amilolíticas fúngicas*. Ion. 27 : 435-437.
2. Mazza, L. A., Ertola, J. R. y Balatti, A. P. 1967. *Estudios sobre formación de amilasa fúngica*. Ion. 27 : 433-436.
3. Gualandi, G., Morisi, G., Ugolini, G. and Chain, E. B. 1959. *Continuous measured of dissolved oxygen in fermentation in the presence of microorganisms*. Selected Scientific Papers from Istituto Superiore di Sanita. 2 : 4-49.
4. Gualandi, G. and Morisi, G. 1966. *Simple circuit for temperature compensation of membrane-covered electrodes for the determination of oxygen*. Biotechnol. Bioeng. 8 : 625-629.
5. Deindoerfer, F. H. and West, J. M. 1959. *Rheological examination of some fermentation broths*. J. Biochem. Microbiol. Eng. 2 : 165-175.
6. Balatti, A. P., Morisi, G. y Gualandi, G. 1968. *Influencia de la aireación en la producción de ácido cítrico*. Ind. Quím. 26 : 122-125.
7. Sandstedt, R. M., Kneen, E. and Blish, M. J. 1939. *A standardized wohlgemuth procedure for alpha amylase activity*. Cereal Chem. 16 : 712-723.

NORMAS PARA LOS AUTORES

1. ANALES publica unicamente trabajos originales e inéditos ; solamente por excepción podrá incluir trabajos cuya noticia se haya dado por otra publicación.
2. La publicación en ANALES es gratuita. Las separatas que soliciten los autores (o las entidades a que estén vinculados) son con cargo a los mismos. El requerimiento deberá hacerse por escrito y antes de iniciar la impresión.
3. Los autores son personalmente responsables de la tesis y del contenido de sus trabajos y deberán realizar las correcciones de las pruebas de imprenta de dichos trabajos.
4. La Sociedad Científica Argentina se reserva el derecho de rechazar cualquier trabajo que sea sometido para publicación en ANALES, si así lo considerara conveniente.
5. Los trabajos deberán ser presentados escritos a máquina, a doble espacio, en papel tamaño oficio o carta, utilizando una sola de las caras del papel y redactados en castellano. Las fórmulas podrán ir manuscritas y deberán ser suficientemente claras para la labor de la imprenta. Los gráficos se dibujarán en tinta china, o por otro medio, de manera tal de permitir la fácil y buena preparación de los clisés ; esto último es aplicable a todo tipo de ilustración. La cantidad será la mínima compatible con las necesidades de la buena comprensión del trabajo.
6. Los trabajos, luego de su título, llevarán un resumen en castellano y otro en idioma extranjero, éste último de no más de 150 palabras. Dichos resúmenes deberán señalar el problema planteado, la indicación de los procedimientos y procesos y las conclusiones a que se arribe, y hacer referencia sobre la precisión de los resultados, todo ello de manera sintética.
7. Los escritos originales, destinados a la Dirección de ANALES, serán remitidos a la Administración de la Sociedad, Avenida Santa Fe 1145, Capital Federal, a efectos de registrar fecha de entrega y posterior envío al Director.
8. La publicación de los trabajos, una vez aceptados, estará sujeta a las posibilidades de la Sociedad y a las exigencias de diagramación de ANALES. La Sociedad se reserva el derecho de determinar la entrega de ANALES en la cual aparecerán los trabajos.